

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第31巻 第2号 (通巻第57号)

平成8年2月 (1996)

目 次

1. 部分分数分解の導入法について	岡 中 正 三	1
2. On the Multiplicative Exponent of a Finite Homotopy Associative H-space	左 古 悦 雄	11
3. マルチメディア時代での新しい教育 — コンピュータとLLを組み合わせた英語授業 —	田 邊 達 雄	15
4. ウェールズの地名(4)	石 井 淳 二	27
5. 低周波アルゴングロー放電の電圧電流特性	山 崎 勉	47
6. 不連続面を有する土の強度特性に関する二・三の実験	石 井 義 明	53

部分分数分解の導入法について

(一般科目) 岡 中 正 三

-On the Introduction of Decomposition into Partial Fractions

Shozo OKANAKA

There is a theorem of algebra which guarantees that every proper rational function with real coefficients is expressible in just one way as a sum of functions, called partial fractions.

However, it is not easy to prove this theorem. So, we propose how to decompose the given proper rational function into partial fractions without this theorem. Through six samples in this paper, we should understand the form of decomposition into partial fractions.

Key Words: decomposition into partial fractions, proper rational function, partial fraction, disjoint
部分分数分解, 真分数式, 部分分数, 互いに素

§1 はじめに

有理式:

$$\frac{f(x)}{g(x)} \quad (f(x), g(x) \text{ は整式}) \quad (1)$$

を積分することを考える。

$f(x)$ の次数が $g(x)$ の次数より小さくない場合には, $f(x)$ を $g(x)$ で割ってその商を $q(x)$ 余りを $r(x)$ とすれば,

$$\frac{f(x)}{g(x)} = q(x) + \frac{r(x)}{g(x)}$$

と書ける。ここで, $q(x)$, $r(x)$ は整式で, $r(x)$ の次数は $g(x)$ の次数より小さい。整式 $q(x)$ の積分は簡単であるから, $r(x)/g(x)$ を積分することを考えればよい。したがって, 式(1)において, 最初から $f(x)$ の次数が $g(x)$ の次数より小さい場合を考えれば十分である。

$f(x)$ の次数が $g(x)$ の次数より小さい場合には, $g(x)$ の因数分解を

$$g(x) = a_0(x-\alpha)^l(x-\beta)^m \cdots (x^2+ax+b)^r(x^2+cx+b)^s \cdots \quad (2)$$

とするとき, つぎの形に部分分数分解できることが知られている。

$$\begin{aligned}
 \frac{f(x)}{g(x)} = & \frac{A_1}{(x-a)^1} + \frac{A_2}{(x-a)^{l-1}} + \cdots + \frac{A_l}{x-a} \\
 & + \frac{B_1}{(x-\beta)^m} + \frac{B_2}{(x-\beta)^{m-1}} + \cdots + \frac{B_m}{x-\beta} \\
 & + \cdots \cdots \cdots \\
 & + \frac{L_1x+M_1}{(x^2+ax+b)^r} + \frac{L_2x+M_2}{(x^2+ax+b)^{r-1}} + \cdots + \frac{L_rx+M_r}{x^2+ax+b} \\
 & + \frac{P_1x+Q_1}{(x^2+cx+d)^s} + \frac{P_2x+Q_2}{(x^2+cx+d)^{s-1}} + \cdots + \frac{P_sx+Q_s}{x^2+cx+d} \\
 & + \cdots \cdots \cdots
 \end{aligned} \tag{3}$$

したがって、この右辺の係数 $A_1, \dots, A_l; \dots; P_1, \dots, P_s, Q_1, \dots, Q_s; \dots$ を求めた後、この右辺を積分すればよい。

ところで、本校で使っている高専用の教科書には、係数の求め方と積分の方法については述べられているが、どうして式(3)のような部分分数分解ができるのかについては触れられていない。大学の理工系一般教育で使われている微分・積分の教科書でもこのことは同じである。その証明は、代数・幾何の教科書で取り扱うことになっている。しかしながら、高専用の教科書にはその部分がどこにもないので、仕方なく教科書の意図通り式(3)を認めて授業を進めてゆくことになる。大多数の学生はそれで納得しているようだが、釈然としない気持ちが残っていて、『どうしてこんな形に分解できるんですか?』と尋ねて来る者がいる。このような質問をしてくれることは、我々教師にとってはうれしいことであり、うまく説明してやりたいのだが、今までよい方法を思いつかなかった。また、代数・幾何の教科書のような証明を短時間でしてやることもむずかしいので、大まかな流れを説明してやったり、その部分を自分で読んでみることを薦めたりしてきた。しかし、大学の教科書は抽象的に書かれておりしかも部分分数分解にのみの絞りを絞って書かれている訳ではないので、本校の学生には容易には理解できないものと思われる。このような背景があって、何かよい方法はないかと考えていたが、これなら本校の学生にも十分理解できると思える方法にたどり着けた。授業でも試してみても成果を実感できたので、§2で紹介する。§3では、部分分数分解にのみの絞りを絞った、最もスリムな証明を試みた。その目的は、§2の解法にはちゃんとした根拠があることを示すことと、さらに標準的な証明に興味をもつ学生に応えるためである。

§2 部分分数分解の形式を理解させる例題解法

有理式 $f(x)/g(x)$ の部分分数分解の形式が容易に理解できるように、 $g(x)$ をいくつかのタイプに類別して、それを例題方式で解説してゆく。予備知識としては、整式の割算だけである。解法は、§3で述べる補題や定理を根拠としているので十分一般性があり、6つの例題を理解することによって、部分分数分解の一般式(3)も理解できると思われる。なお、解法の右側に(*)を付して、§3との関連を示している。この部分で使っている『 $f(x)$ と $g(x)$ は互いに素である』とは、 $f(x)$ と $g(x)$ の最大公約数が1であるということである。

例題 1. $\frac{x^2}{(x-1)^3}$ を部分分数に分解せよ。

解 x^2 を $x-1$ で割ると商が $x+1$ で余りが1となるので、

$$x^2 = (x-1)(x+1) + 1$$

さらに、 $x+1$ を $x-1$ で割ると商が1で余りが2となるので、

$$x^2 = (x-1)\{(x-1)+2\} + 1$$

$$= (x-1)^2 + 2(x-1) + 1$$

$$\therefore \frac{x^2}{(x-1)^3} = \frac{(x-1)^2 + 2(x-1) + 1}{(x-1)^3} = \frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{1}{(x-1)^3}$$

(*)根拠は補題 1

(*)根拠は定理 1

例題 2. $\frac{2x^5-5x^4+12x^3-9x^2+7x+4}{(x^2-x+1)^3}$ を部分分数に分解せよ。

解 $2x^5-5x^4+12x^3-9x^2+7x+4$ を x^2-x+1 で割ると商が $2x^3-3x^2+7x+1$ で余りが $x+3$ となるので、

$$2x^5-5x^4+12x^3-9x^2+7x+4 = (x^2-x+1)(2x^3-3x^2+7x+1) + x+3$$

さらに、 $2x^3-3x^2+7x+1$ を x^2-x+1 で割ると商が $2x-1$ で余りが $4x+2$ となるので、

$$2x^5-5x^4+12x^3-9x^2+7x+4 = (x^2-x+1)\{(x^2-x+1)(2x-1) + 4x+2\} + x+3$$

$$= (x^2-x+1)^2(2x-1) + (x^2-x+1)(4x+2) + x+3 \quad (*) \text{根拠は補題 2}$$

$$\therefore \frac{2x^5-5x^4+12x^3-9x^2+7x+4}{(x^2-x+1)^3} = \frac{(x^2-x+1)^2(2x-1) + (x^2-x+1)(4x+2) + x+3}{(x^2-x+1)^3}$$

$$= \frac{2x-1}{x^2-x+1} + \frac{4x+2}{(x^2-x+1)^2} + \frac{x+3}{(x^2-x+1)^3} \quad (*) \text{根拠は定理 2}$$

例題 3. $\frac{3x-7}{(x+1)(2x-3)}$ を部分分数に分解せよ。

解 $2x-3$ を $x+1$ で割ると商が 2 で余りが -5 となるので、

(*) $2x-3$ と $x+1$

$$2x-3 = 2(x+1) - 5$$

は互いに素

$$\therefore 5 = 2(x+1) - (2x-3)$$

$$\therefore 1 = \frac{2}{5}(x+1) - \frac{1}{5}(2x-3)$$

(1) (*)根拠は補題 4

式(1)により、

$$\begin{aligned} \frac{3x-7}{(x+1)(2x-3)} &= \frac{(3x-7)\left\{\frac{2}{5}(x+1) - \frac{1}{5}(2x-3)\right\}}{(x+1)(2x-3)} \\ &= \frac{2}{5} \times \frac{3x-7}{2x-3} - \frac{1}{5} \times \frac{3x-7}{x+1} \end{aligned}$$

$3x-7$ を $2x-3$ で割ると商が $\frac{3}{2}$ で余りが $-\frac{5}{2}$ となり、

$3x-7$ を $x+1$ で割ると商が 3 で余りが -10 となる。

$$\begin{aligned} \therefore \frac{3x-7}{(x+1)(2x-3)} &= \frac{2}{5} \times \frac{(2x-3) \times \frac{3}{2} - \frac{5}{2}}{2x-3} - \frac{1}{5} \times \frac{(x+1) \times 3 - 10}{x+1} \\ &= \underbrace{\left(\frac{3}{5} - \frac{3}{5}\right)}_{= \frac{2}{x+1}} - \frac{1}{2x-3} + \frac{2}{x+1} \\ &= \frac{2}{x+1} - \frac{1}{2x-3} \end{aligned}$$

(*)定理 3 の証明
の中の式(2)の
部分

(*)根拠は定理 3

例題 4. $\frac{x+1}{(x-1)(x^2+x+1)}$ を部分分数に分解せよ。

解 x^2+x+1 を $x-1$ で割ると商が $x+2$ で余りが3となるので、

$$x^2+x+1=(x-1)(x+2)+3$$

$$\therefore 3=x^2+x+1-(x-1)(x+2)$$

$$\therefore 1=\frac{1}{3}(x^2+x+1)-\frac{1}{3}(x+2)(x-1)$$

式(1)により

$$\begin{aligned}\frac{x+1}{(x-1)(x^2+x+1)} &= \frac{(x+1)\left\{\frac{1}{3}(x^2+x+1)-\frac{1}{3}(x+2)(x-1)\right\}}{(x-1)(x^2+x+1)} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{x+1}{x-1} - \frac{1}{3} \times \frac{(x+1)(x+2)}{x^2+x+1}\end{aligned}$$

$x+1$ を $x-1$ で割ると商が1で余りが2であり、

$(x+1)(x+2)$ を x^2+x+1 で割ると商が1で余りが $2x+1$ となる。

$$\begin{aligned}\therefore \frac{x+1}{(x-1)(x^2+x+1)} &= \frac{1}{3} \times \frac{(x-1)+2}{x-1} - \frac{1}{3} \times \frac{(x^2+x+1)+2x+1}{x^2+x+1} \\ &= \underbrace{\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{3}\right)}_{\frac{2}{3(x-1)}} + \frac{\frac{2}{3}}{x-1} - \frac{\frac{2}{3}x+\frac{1}{3}}{x^2+x+1} \\ &= \frac{2}{3(x-1)} - \frac{2x+1}{3(x^2+x+1)}\end{aligned}$$

(*) x^2+x+1 と
 $x-1$ は互いに素

(1) (*)根拠は補題4

(*)定理3の証明
の中の式(2)の
部分

(*)根拠は定理3

例題 5. $\frac{2x^3+x+1}{x^3(x^2+1)^2}$ を部分分数に分解せよ。

解 $(x^2+1)^2$ を x^3 で割ると商が x で余りが $2x^2+1$ となるので、

$$(x^2+1)^2 = \underbrace{x^3} \cdot x + \underbrace{2x^2+1}$$

さらに、 x^3 を $2x^2+1$ で割ると商が $\frac{1}{2}x$ で余りが $-\frac{1}{2}x$ となるから、

$$x^3 = \underbrace{(2x^2+1)} \cdot \frac{1}{2}x - \frac{1}{2}x \quad (2)$$

さらに、 $2x^2+1$ を $-\frac{1}{2}x$ で割ると商が $-4x$ で余りが1となるから、

$$2x^2+1 = \underbrace{\left(-\frac{1}{2}x\right)} \cdot (-4x) + 1 \quad (3)$$

式(1)により

$$2x^2+1 = (x^2+1)^2 - x \cdot x^3 \quad (1')$$

式(2), 式(1')により

$$\begin{aligned}-\frac{1}{2}x &= x^3 - \frac{1}{2}x(2x^2+1) \\ &= x^3 - \frac{1}{2}x\{(x^2+1)^2 - x \cdot x^3\} \\ &= -\frac{1}{2}x(x^2+1)^2 + \left(1 + \frac{1}{2}x^2\right)x^3\end{aligned} \quad (2')$$

式(3), 式(1')により

$$\begin{aligned}1 &= 2x^2+1 - (-4x) \cdot \left(-\frac{1}{2}x\right) \\ &= (x^2+1)^2 - x \cdot x^3 - (-4x) \left\{-\frac{1}{2}x(x^2+1)^2 + \left(1 + \frac{1}{2}x^2\right)x^3\right\}\end{aligned}$$

(*) $(x^2+1)^2$ と x^3 は
互いに素

$$=(1-2x^2)(x^2+1)^2+(2x^3+3x)x^3$$

(4)

(*)根拠は補題 4

式(4)により

$$\begin{aligned}\frac{2x^3+x+1}{x^3(x^2+1)^2} &= \frac{(2x^3+x+1)\{(1-2x^2)(x^2+1)^2+(2x^3+3x)x^3\}}{x^3(x^2+1)^2} \\ &= \frac{(2x^3+x+1)(1-2x^2)}{x^3} + \frac{(2x^3+x+1)(2x^3+3x)}{(x^2+1)^2}\end{aligned}$$

$(2x^3+x+1)(1-2x^2)$ を x^3 で割ると商が $-4x^2$ で余りが $-2x^2+x+1$ となり,

$(2x^3+x+1)(2x^3+3x)$ を $(x^2+1)^2$ で割ると商が $4x^2$ で余りが $2x^3-x^2+3x$ となる。

$$\begin{aligned}\therefore \frac{2x^3+x+1}{x^3(x^2+1)^2} &= \frac{x^3 \cdot (-4x^2) + (-2x^2+x+1)}{x^3} + \frac{(x^2+1)^2 \cdot 4x^2 + 2x^3 - x^2 + 3x}{(x^2+1)^2} \\ &= \underbrace{(-4x^2+4x^2)}_{0} + \frac{-2x^2+x+1}{x^3} + \frac{2x^3-x^2+3x}{(x^2+1)^2}\end{aligned}$$

また, $2x^3-x^2+3x$ を x^2+1 で割ると商が $2x-1$ で余りが $x+1$ となる。

$$\begin{aligned}\therefore \frac{2x^3+x+1}{x^3(x^2+1)^2} &= \frac{-2x^2+x+1}{x^3} + \frac{(x^2+1)(2x-1)+x+1}{(x^2+1)^2} \\ &= -\frac{2}{x} + \frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^3} + \frac{2x-1}{x^2+1} + \frac{x+1}{(x^2+1)^2}\end{aligned}$$

(*)定理 3 の証明
の中の式(2)の
部分

(*)根拠は定理 3

(*)根拠は補題 2

(*)根拠は定理 5

例題 6. $\frac{x^2+4x-1}{x(x-1)^2(x^2+1)}$ を部分分数に分解せよ。

解 $x(x-1)^2$ を x^2+1 で割ると商が $x-2$ で余りが 2 となるので,

$$x(x-1)^2 = (x^2+1)(x-2) + 2$$

$$\therefore 2 = x(x-1)^2 - (x^2+1)(x-2)$$

$$\therefore 1 = \frac{1}{2}x(x-1)^2 - \frac{1}{2}(x-2)(x^2+1)$$

(*) $x(x-1)^2$ と
 x^2+1 は互いに
素

(*)根拠は補題 4

式(1)により,

$$\begin{aligned}\frac{x^2+4x-1}{x(x-1)^2(x^2+1)} &= \frac{(x^2+4x-1)\left\{\frac{1}{2}x(x-1)^2 - \frac{1}{2}(x-2)(x^2+1)\right\}}{x(x-1)^2(x^2+1)} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{x^2+4x-1}{x^2+1} - \frac{1}{2} \times \frac{(x^2+4x-1)(x-2)}{x(x-1)^2}\end{aligned}\quad (2)$$

x^2+4x-1 を x^2+1 で割ると商が 1 で余りが $4x-2$ となり,

$(x^2+4x-1)(x-2)$ を $x(x-1)^2$ で割ると商が 1 で余りが $4x^2-10x+2$ となる。

$$\begin{aligned}\therefore \frac{x^2+4x-1}{x(x-1)^2(x^2+1)} &= \frac{1}{2} \times \frac{(x^2+1)+4x-2}{x^2+1} - \frac{1}{2} \times \frac{x(x-1)^2+4x^2-10x+2}{x(x-1)^2} \\ &= \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) + \frac{2x-1}{x^2+1} - \frac{2x^2-5x+1}{x(x-1)^2} \\ &= \frac{2x-1}{x^2+1} - \frac{2x^2-5x+1}{x(x-1)^2}\end{aligned}\quad (3)$$

(*)定理 3 の証明
の中の式(2)の
部分

(*)根拠は定理 3

式(3)の右辺の第 2 項はさらに部分分数に分解できるので, この第 2 項に注目する。

$(x-1)^2$ を x で割ると商が $x-2$ で余りが 1 となるので,

$$(x-1)^2 = x(x-2) + 1$$

(*) $(x-1)^2$ と x は
互いに素

$$\therefore 1 = (x-1)^2 - (x-2)x \quad (4) \quad (*) \text{根拠は補題 4}$$

式(4)により,

$$\begin{aligned} \frac{2x^2-5x+1}{x(x-1)^2} &= \frac{(2x^2-5x+1)\{(x-1)^2-(x-2)x\}}{x(x-1)^2} \\ &= \frac{2x^2-5x+1}{x} - \frac{(2x^2-5x+1)(x-2)}{(x-1)^2} \end{aligned} \quad (5)$$

$(2x^2-5x+1)(x-2)$ を $(x-1)^2$ で割ると商が $2x-5$ で余りが $-x+3$ となるので,

$$\begin{aligned} \frac{2x^2-5x+1}{x(x-1)^2} &= \frac{2x^2-5x+1}{x} - \frac{(x-1)^2(2x-5) - x + 3}{(x-1)^2} \\ &= \frac{(2x-5) - (2x-5) + \frac{1}{x} + \frac{x-3}{(x-1)^2}}{1} \quad (*) \text{定理 3 の証明} \\ &= \frac{1}{x} + \frac{x-3}{(x-1)^2} \quad (*) \text{根拠は定理 3} \end{aligned}$$

式(6)を式(3)へ代入すると,

$$\frac{x^2+4x-1}{x(x-1)^2(x^2+1)} = -\frac{1}{x} - \frac{x-3}{(x-1)^2} + \frac{2x-1}{x^2+1} \quad (*) \text{根拠は定理 4}$$

また, $x-3$ を $x-1$ で割ると商が 1 で余りが -2 となる。

(*) 根拠は補題 1

$$\begin{aligned} \therefore \frac{x^2+4x-1}{x(x-1)^2(x^2+1)} &= -\frac{1}{x} - \frac{(x-1)-2}{(x-1)^2} + \frac{2x-1}{x^2+1} \\ &= -\frac{1}{x} - \frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{2x-1}{x^2+1} \quad (*) \text{根拠は定理 5} \end{aligned}$$

§3 標準的な証明

ここでは, 有理式の部分分数分解にのめりを絞って, 標準的で最もスリムな証明をしてゆく。§2 での解法は, これから述べる補題や定理を根拠にしてなされている。したがって, §2 を読んだ後ならば, ここでの理解も容易であると思われる。

なお, 記述を簡潔にするために, $f(x)$ の次数を $\deg f(x)$ で表す。また, $\deg f(x) < \deg g(x)$ のときの $f(x)/g(x)$ を真分数式ということにする。

補題 1. $f(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_{n-1}x + a_n$ ($a_0 \neq 0$) は, つぎのように表される。

$$f(x) = r_1 + r_2(x-\alpha) + r_3(x-\alpha)^2 + \cdots + r_n(x-\alpha)^{n-1} + a_0(x-\alpha)^n$$

【証明】 $f(x)$ を $x-\alpha$ で割った商を $f_1(x)$, 余りを r_1 ; $f_1(x)$ を $x-\alpha$ で割った商を $f_2(x)$, 余りを r_2 ; 順次このような割算を n 回行って最後に商 $f_n(=a_0)$, 余り r_n を得たものとする,

$$\begin{aligned} f(x) &= (x-\alpha)f_1(x) + r_1 = (x-\alpha)\{(x-\alpha)f_2(x) + r_2\} + r_1 \\ &= r_1 + r_2(x-\alpha) + (x-\alpha)^2\{(x-\alpha)f_3(x) + r_3\} \\ &= r_1 + r_2(x-\alpha) + r_3(x-\alpha)^2 + (x-\alpha)^3\{(x-\alpha)f_4(x) + r_4\} \end{aligned}$$

順次このような計算を繰り返すと,

$$\begin{aligned} f(x) &= r_1 + r_2(x-\alpha) + r_3(x-\alpha)^2 + \cdots + (x-\alpha)^{n-1}\{(x-\alpha)f_n(x) + r_n\} \\ \therefore f(x) &= r_1 + r_2(x-\alpha) + r_3(x-\alpha)^2 + \cdots + r_n(x-\alpha)^{n-1} + a_0(x-\alpha)^n \end{aligned}$$

定理 1. $\deg f(x) < n$ のとき, $\frac{f(x)}{(x-\alpha)^n}$ は, つぎのように表される。

$$\frac{f(x)}{(x-\alpha)^n} = \frac{A_1}{(x-\alpha)^n} + \frac{A_2}{(x-\alpha)^{n-1}} + \cdots + \frac{A_n}{x-\alpha}$$

【証明】 $\deg f(x) = n-1$ のとき、補題 1 により、 $f(x)$ はつぎのように表される。

$$f(x) = A_1 + A_2(x-a) + A_3(x-a)^2 + \cdots + A_n(x-a)^{n-1}$$

$$\therefore \frac{f(x)}{(x-a)^n} = \frac{A_1}{(x-a)^n} + \frac{A_2}{(x-a)^{n-1}} + \cdots + \frac{A_n}{x-a}$$

【注意】 $\deg f(x) = n-2$ のときは、つぎのようになる。

$$\frac{f(x)}{(x-a)^n} = \frac{A_1}{(x-a)^n} + \frac{A_2}{(x-a)^{n-1}} + \cdots + \frac{A_{n-1}}{(x-a)^2}$$

補題 2. $g(x) = x^2 + ax + b$, $r_i(x) = L_i x + M_i$ のとき、

(a) $f(x) = a_0 x^{2n} + a_1 x^{2n-1} + \cdots + a_{2n-1} x + a_{2n} (a_0 \neq 0)$ は、つぎのように表される。

$$f(x) = r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + r_n(x)\{g(x)\}^{n-1} + a_0\{g(x)\}^n$$

(b) $f(x) = a_0 x^{2n+1} + a_1 x^{2n} + \cdots + a_{2n} x + a_{2n+1} (a_0 \neq 0)$ は、つぎのように表される。

$$f(x) = r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + r_n(x)\{g(x)\}^{n-1} + (a_0 x + b_0)\{g(x)\}^n$$

【証明】 (a) $f(x)$ を $g(x)$ で割った商を $f_1(x)$ 、余りを $r_1(x)$ ； $f_1(x)$ を $g(x)$ で割った商を $f_2(x)$ 、余りを $r_2(x)$ ；順次このような割算を n 回行って最後に商 $f_n (= a_0)$ 、余り $r_n(x)$ を得たものとする、

$$\begin{aligned} f(x) &= g(x)f_1(x) + r_1(x) = g(x)\{g(x)f_2(x) + r_2(x)\} + r_1(x) \\ &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + \{g(x)\}^2\{g(x)f_3(x) + r_3(x)\} \\ &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \{g(x)\}^3\{g(x)f_4(x) + r_4(x)\} \end{aligned}$$

順次このような計算をくり返すと、

$$\begin{aligned} f(x) &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + \{g(x)\}^{n-1}\{g(x)f_n + r_n(x)\} \\ \therefore f(x) &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + r_n(x)\{g(x)\}^{n-1} + a_0\{g(x)\}^n \end{aligned}$$

(b) $f(x)$ を $g(x)$ で割った商を $f_1(x)$ 、余りを $r_1(x)$ ； $f_1(x)$ を $g(x)$ で割った商を $f_2(x)$ 、余りを $r_2(x)$ ；

順次このような割算を n 回行って最後に商 $f_n(x) (= a_0 x + b_0)$ 、余り $r_n(x)$ を得たものとする、

$$\begin{aligned} f(x) &= g(x)f_1(x) + r_1(x) = g(x)\{g(x)f_2(x) + r_2(x)\} + r_1(x) \\ &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + \{g(x)\}^2\{g(x)f_3(x) + r_3(x)\} \\ &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \{g(x)\}^3\{g(x)f_4(x) + r_4(x)\} \end{aligned}$$

順次このような計算をくり返すと、

$$\begin{aligned} f(x) &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + \{g(x)\}^{n-1}\{g(x)f_n(x) + r_n(x)\} \\ \therefore f(x) &= r_1(x) + r_2(x)g(x) + r_3(x)\{g(x)\}^2 + \cdots + r_n(x)\{g(x)\}^{n-1} + (a_0 x + b_0)\{g(x)\}^n \end{aligned}$$

定理 2. $\deg f(x) < 2n$ のとき、 $\frac{f(x)}{(x^2+ax+b)^n}$ は、つぎのように表される。

$$\frac{f(x)}{(x^2+ax+b)^n} = \frac{L_1 x + M_1}{(x^2+ax+b)^n} + \frac{L_2 x + M_2}{(x^2+ax+b)^{n-1}} + \cdots + \frac{L_n x + M_n}{x^2+ax+b}$$

【証明】 $\deg f(x) = 2n-1$ のとき、補題 2 (b) により、 $f(x)$ はつぎのように表される。

$$f(x) = L_1 x + M_1 + (L_2 x + M_2)(x^2+ax+b) + \cdots + (L_n x + M_n)(x^2+ax+b)^{n-1}$$

$$\therefore \frac{f(x)}{(x^2+ax+b)^n} = \frac{L_1 x + M_1}{(x^2+ax+b)^n} + \frac{L_2 x + M_2}{(x^2+ax+b)^{n-1}} + \cdots + \frac{L_n x + M_n}{x^2+ax+b}$$

【注意】 $\deg f(x) = 2n-2$ のときは、つぎのようになる。

$$\frac{f(x)}{(x^2+ax+b)^n} = \frac{L_1 x + M_1}{(x^2+ax+b)^n} + \frac{L_2 x + M_2}{(x^2+ax+b)^{n-1}} + \cdots + \frac{M_n}{x^2+ax+b}$$

補題 3. x の整式 A, B, Q, R の間に $A=BQ+R$ という関係があるときは, A と B の最大公約数と B と R の最大公約数は同じである。

【証明】 $A=BQ+R$ ……(1) のときは, $R=A-BQ$ ……(2)

という関係があるから, (2) によって A と B との公約数は R の約数である。したがって, A と B との公約数はすべて, B と R との公約数である。

また, (1) によって B と R との公約数は A の約数である。したがって, B と R との公約数はすべて A と B との公約数である。

ゆえに, A と B との公約数の全体は, B と R との公約数の全体と一致する。したがって, A と B の最大公約数は, B と R の最大公約数と同じである。

補題 4. $f(x)$ と $g(x)$ とが互いに素であるときは,

$$a(x)f(x)+b(x)g(x)=1$$

をつねに成り立たせる x の整式 $a(x), b(x)$ が存在する。

【証明】 $\deg f(x) \geq \deg g(x)$ とする。

いま, $f(x)$ を $g(x)$ で割った商を $q(x)$, 余りを $r_1(x)$; $g(x)$ を $r_1(x)$ で割った商を $q_1(x)$, 余りを $r_2(x)$; $r_1(x)$ を $r_2(x)$ で割った商を $q_2(x)$, 余りを $r_3(x)$; 順次このような割算を n 回行って最後に商 $q_{n-1}(x)$, 余り $r_n(=定数)$ を得たとすると,

$$f(x)=g(x)q(x)+r_1(x) \quad (1)$$

$$g(x)=r_1(x)q_1(x)+r_2(x) \quad (2)$$

$$r_1(x)=r_2(x)q_2(x)+r_3(x) \quad (3)$$

.....

$$r_{n-3}(x)=r_{n-2}(x)q_{n-2}(x)+r_{n-1}(x) \quad (n-1)$$

$$r_{n-2}(x)=r_{n-1}(x)q_{n-1}(x)+r_n \quad (n)$$

$f(x)$ と $g(x)$ とが互いに素であることから, r_n は 0 でない定数となる。なぜならば, $r_n=0$ とすると補題 3 により $f(x)$ と $g(x)$ の最大公約数が $r_{n-1}(x)$ となり, 互いに素であることに矛盾する。

つぎに, $r_1(x), r_2(x), \dots, r_n$ と $f(x)$ と $g(x)$ との関係を見ると,

$$(1) \text{ から, } r_1(x)=f(x)-g(x)q(x)$$

$$(2) \text{ から, } r_2(x)=g(x)-r_1(x)q_1(x)=g(x)-\{f(x)-g(x)q(x)\}q_1(x)$$

そこで, $-q_1(x)=a_2(x)$, $1+q(x)q_1(x)=b_2(x)$ とおくと, $r_2(x)$ はつぎのようになる。

$$r_2(x)=a_2(x)f(x)+b_2(x)g(x)$$

$$(3) \text{ から, } r_3(x)=r_1(x)-r_2(x)q_2(x)=f(x)-g(x)q(x)-\{a_2(x)f(x)+b_2(x)g(x)\}q_2(x)$$

そこで, $1-a_2(x)q_2(x)=a_3(x)$, $-q(x)-b_2(x)q_2(x)=b_3(x)$ とおくと, $r_3(x)$ はつぎのようになる。

$$r_3(x)=a_3(x)f(x)+b_3(x)g(x)$$

順次このように考えて行くと, r_n はつぎのようにかける。

$$r_n=a_n(x)f(x)+b_n(x)g(x)$$

そこで, $a_n(x)/r_n=a(x)$, $b_n(x)/r_n=b(x)$ とおくと, 次のようにかける。

$$a(x)f(x)+b(x)g(x)=1$$

定理 3. $g(x)=g_1(x)g_2(x)$ で, $g_1(x)$ と $g_2(x)$ が互いに素であるとき, 真分数式 $\frac{f(x)}{g(x)}$ はつぎのように 2 つの真分数式の和の形にかける。

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)}$$

【証明】 $g_1(x)$ と $g_2(x)$ が互いに素であるから、補題 4 により $a(x)g_1(x) + b(x)g_2(x) = 1$ となる整式 $a(x)$, $b(x)$ が存在する。

$$\begin{aligned} \therefore \frac{f(x)}{g(x)} &= \frac{f(x)}{g_1(x)g_2(x)} = \frac{f(x)\{a(x)g_1(x) + b(x)g_2(x)\}}{g_1(x)g_2(x)} \\ &= \frac{f(x)a(x)}{g_2(x)} + \frac{f(x)b(x)}{g_1(x)} \end{aligned} \quad (1)$$

$f(x)b(x)$ を $g_1(x)$ で割った商を $q_1(x)$, 余りを $f_1(x)$; $f(x)a(x)$ を $g_2(x)$ で割った商を $q_2(x)$, 余りを $f_2(x)$ とすると、式(1)はつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \frac{f(x)}{g(x)} &= \frac{g_2(x)q_2(x) + f_2(x)}{g_2(x)} + \frac{g_1(x)q_1(x) + f_1(x)}{g_1(x)} \\ &= q_2(x) + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} + q_1(x) + \frac{f_1(x)}{g_1(x)} \\ &= \underbrace{q_1(x) + q_2(x)} + \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} \end{aligned} \quad (2)$$

この両辺に $g(x)$ をかけると、

$$f(x) = \{q_1(x) + q_2(x)\}g(x) + f_1(x)g_2(x) + f_2(x)g_1(x) \quad (3)$$

ここで、 $\deg f(x) < \deg g(x)$, $\deg f_1(x) < \deg g_1(x)$, $\deg f_2(x) < \deg g_2(x)$

従って、 $\deg f_1(x)g_2(x) < \deg g_1(x)g_2(x) = \deg g(x)$, $\deg f_2(x)g_1(x) < \deg g_1(x)g_2(x) = \deg g(x)$

このとき、 $q_1(x) + q_2(x) \neq 0$ とすると、 $\deg \{q_1(x) + q_2(x)\}g(x) \geq \deg g(x)$ であるから、恒等式(3)が成立しない。よって、 $\underbrace{q_1(x) + q_2(x)} = 0$ である。

$$\therefore \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)}$$

定理 4. $g(x)$ がいずれの 2 つを取っても互いに素である整式 $g_1(x)$, $g_2(x)$, \dots , $g_n(x)$ の積として表されるときは、真分数式 $\frac{f(x)}{g(x)}$ はつぎのように n 個の真分数式の和の形にかける。

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f(x)}{g_1(x)g_2(x) \cdots g_n(x)} = \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} + \cdots + \frac{f_n(x)}{g_n(x)}$$

【証明】 $g_1(x)$ と $g_2(x)g_3(x) \cdots g_n(x)$ とは互いに素であるから、定理 3 により、

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f(x)}{g_1(x)\{g_2(x)g_3(x) \cdots g_n(x)\}} = \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{h_1(x)}{g_2(x)g_3(x) \cdots g_n(x)}$$

$g_2(x)$ と $g_3(x)g_4(x) \cdots g_n(x)$ とは互いに素だから、定理 3 により、

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} + \frac{h_2(x)}{g_3(x)g_4(x) \cdots g_n(x)}$$

順次このように考えて行くと、

$$\begin{aligned} \frac{f(x)}{g(x)} &= \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} + \cdots + \frac{f_{n-2}(x)}{g_{n-2}(x)} + \frac{h_{n-2}(x)}{g_{n-1}(x)g_n(x)} \\ &= \frac{f_1(x)}{g_1(x)} + \frac{f_2(x)}{g_2(x)} + \cdots + \frac{f_{n-2}(x)}{g_{n-2}(x)} + \frac{f_{n-1}(x)}{g_{n-1}(x)} + \frac{f_n(x)}{g_n(x)} \end{aligned}$$

定理 5. $g(x) = a_0(x - \alpha)^l(x - \beta)^m \cdots (x^2 + ax + b)^r(x^2 + cx + d)^s \cdots$ のとき、真分数式 $\frac{f(x)}{g(x)}$ はつぎのような形にかける。

$$\begin{aligned} \frac{f(x)}{g(x)} &= \sum_{n=1}^i \frac{A_n}{(x-\alpha)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{B_n}{(x-\beta)^n} + \dots \\ &+ \sum_{n=1}^r \frac{L_n x + M_n}{(x^2+ax+b)^n} + \sum_{n=1}^s \frac{P_n x + Q_n}{(x^2+cx+d)^n} + \dots \end{aligned}$$

【証明】定理4により, $\frac{f(x)}{g(x)}$ はつきのようにかける。

$$\begin{aligned} \frac{f(x)}{g(x)} &= \frac{f_1(x)}{(x-\alpha)^i} + \frac{f_2(x)}{(x-\beta)^m} + \dots \\ &+ \frac{h_1(x)}{(x^2+ax+b)^r} + \frac{h_2(x)}{(x^2+cx+d)^s} + \dots \end{aligned}$$

さらに定理1, 定理2により, つぎのようにかける。

$$\begin{aligned} \frac{f(x)}{g(x)} &= \sum_{n=1}^i \frac{A_n}{(x-\alpha)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{B_n}{(x-\beta)^n} + \dots \\ &+ \sum_{n=1}^r \frac{L_n x + M_n}{(x^2+ax+b)^n} + \sum_{n=1}^s \frac{P_n x + Q_n}{(x^2+cx+d)^n} + \dots \end{aligned}$$

§4 おわりに

§3 では, どんな真分数式でも §1 の式(3)のような形に部分分数分解できるということを, 最もスリムに証明している。それでもかなりのボリュームがあり, いきなり §3 を読んだのでは, 理解するのは容易ではないであろう。それに対して, §2 に示した方法なら具体的であり, しかも解法の中で使っているのは整式の割算だけなので, 容易に理解できるはずである。しかも例題の6つのパターンを順次理解してゆけば, どんな真分数式でも §1 の式(3)のような形に部分分数分解できることが自然と分ってくると思われる。従って, §2 を読んでから §3 を読んでゆくのであれば, 具体的イメージも湧いてきて, §3 の抽象的な証明も比較的容易に理解できると思われる。§2 で示した方法は, そのような効果もあると思われる。

参考文献

- 1) 岩 切 晴 二: 代数学・幾何学
- 2) 水 本 久 夫: 微分積分学の基礎
- 3) 上田稔他4名: 微分と積分(1)

(平成7年10月16日受付)

On the Multiplicative Exponent of a Finite Homotopy Associative H-space

(Department of General Education) Etsuo SAKO

Abstract

In this paper, we prove that if X is a connected, finite homotopy associative H-space, then X has no multiplicative exponent. The method of proof is to use Haibao's characteristic polynomial.

Key words: homotopy associative H-space, multiplicative exponent, homotopy exponent

§0. Introduction

Let X be a connected, finite and homotopy associative H-space. The term "finite" indicates that X has the homotopy type of a finite complex, and by saying X is an H-space, we mean that there is a pairing

$$\mu: X \times X \rightarrow X$$

which is continuous and there is a distinguished point $* \in X$ such that the maps

$$\mu(*, \quad), \mu(\quad, *): X \rightarrow X$$

are homotopic to the identity. Such a point $*$ is called a homotopy unit.

Finally, "homotopy associative" means that the two maps $\mu(\mu \times 1)$ and $\mu(1 \times \mu)$ are homotopic as maps $X \times X \times X \rightarrow X$.

We recall definitions.

Definition 0.1.

A space X is said to have homotopy exponent r (resp. p^* at p) if r (resp. p^*) annihilates whole (resp. p -component of) $\pi_i(X)$ for all i .

Definition 0.2.

An H-space X is said to have multiplicative exponent r if a r -th power map $r: X \rightarrow X$ which sends x to x^* , is null homotopic.

Note that $r = r \cdot \text{id}: X \xrightarrow{\Delta} \underset{r\text{-times}}{X \times \cdots \times X} \xrightarrow{\text{id} \times \cdots \times \text{id}} X \times \cdots \times X \xrightarrow{\mu} X$, where Δ is a diagonal map.

It is clear that if an H-space X has multiplicative exponent r , then X has homotopy exponent r .

§1. A characteristic polynomial for self-maps of H-spaces

We summarize the definition of a characteristic polynomial for self-maps of H-spaces. ([1])

We let X be a finite homotopy associative H-space, and let x_1, x_2, \dots, x_s be a basis for $PH^*(X; \mathbb{Q})$. So we have $H^*(X; \mathbb{Q}) = \Lambda_{\mathbb{Q}}(x_1, \dots, x_s)$.

Put $n = \sum_{i=1}^s \text{dimension } x_i$.

Given a map $f: X \rightarrow X$, the expression

$$\prod_{i=1}^s (x_i - t \cdot f^*(x_i))$$

gives a polynomial in an indeterminate t with coefficients in $H^*(X; \mathbb{Q})$.

The characteristic polynomial of $f: X \rightarrow X$ is

$$A_f(t) = 1 + A_1(t)t + \dots + A_s(t)t^s \in \mathbb{Q}[t]$$

such that

$$A_f(t) \prod_{i=1}^s x_i = \prod_{i=1}^s (x_i - t \cdot f^*(x_i)).$$

When X is a homotopy associative H-space, then $A_f(t) \in \mathbb{Z}[t]$ for arbitrary map $f: X \rightarrow X$. ([1; Theorem 3. 8])

Proposition 1.1 ([1; Lemma 3. 3])

$$A_M(t) = A_f(kt)$$

Proposition 1. 2.

If X is a connected, finite homotopy associative H-space, and $\text{id}: X \rightarrow X$ be an identity map, then $A_M(t) = (1-t)^s$.

(Proof)

Let $H^*(X; \mathbb{Q}) = \Lambda_{\mathbb{Q}}(x_1, \dots, x_s)$.

$$\begin{aligned} A_M(t) \cdot \prod_{i=1}^s x_i &= \prod_{i=1}^s (x_i - t \cdot \text{id}^*(x_i)) \\ &= \prod_{i=1}^s (1-t)x_i \\ &= (1-t)^s \prod_{i=1}^s x_i. \\ \therefore A_M(t) &= (1-t)^s \end{aligned}$$

q.e.d.

Proposition 1. 3.

If X is a connected, finite homotopy associative H-space, and $0: X \rightarrow X$ be a constant map, then $A_0(t) = 1$.

(Proof)

Let $H^*(X; \mathbb{Q}) = \Lambda_{\mathbb{Q}}(x_1, \dots, x_s)$.

$$A_0(t) \cdot \prod_{i=1}^s x_i = \prod_{i=1}^s (x_i - t \cdot 0^*(x_i))$$

$$= \prod_{i=1}^s x_i.$$

$$\therefore A_0(t)=1.$$

q.e.d.

§2. Multiplicative exponent

Theorem 2. 1.

If X is a connected, finite homotopy associative H -space,
then X has no multiplicative exponent.

(Proof)

Assume that X has multiplicative exponent r ($r < \infty$).

By Prop. 1. 1 and Prop. 1. 2, $A_{r \cdot \text{id}}(t) = A_{\text{id}}(rt)$
 $= (1 - rt)^s.$

On the contrary, $A_0(t) = 1$ by proposition 1. 3.

This is a contradiction.

q.e.d.

References:

- [1] D. Haibao; A characteristic polynomial for self-maps of H -spaces,
Quart. J. Math. Oxford (2) (1993) 315-325
- [2] J. Neisendorfer; Properties of certain H -spaces,
Quart. J. Math. Oxford (2) (1983) 201-209

(平成 7 年 10 月 16 日 受付)

マルチメディア時代での新しい教育

—— コンピュータとLLを組み合わせた英語授業 ——

(一般科目) 田 邊 達 雄

A New English Teaching Trial in the Age of Multi-Media

—— In the Case of English Class by CAI ——

(Department of General Education) Tatsuo TANABE

It is not a few years since the computer was introduced into the language teaching. But as for colleges of technology they have just started to adopt it, although they have been aware of its educational effect.

Two years ago Kure College of Technology introduced the computers and began practicing CAI. But now we are on the way of studying about how to manage the computers and what teaching materials are effective to use and so on. In this paper the author is going to report about the following: how the English education by LL has been done since the beginning, the motive of adopting CAI, and what way of CAI in the colleges of technology is more effective.

Key Words: Education teaching, English-language teaching, CAI,
Teaching material of English language teaching
教育工学, 英語教育, CAI, 英語教育教材

1 はじめに

コンピュータを語学演習装置として利用し始めてからもう何年にもなる。しかし、工業高等専門学校においては、従来のLL機器を利用した語学教育はすでに全国的にも相当の評価をされている高専はずいぶんあるが、まだコンピュータを利用した語学教育はこれからの段階というのが現実である。特に、最近マルチ・メディアがクローズアップされてきて、Eメール、インターネットが我々の日常生活に急速に入り込んできている。このような時、本校ではコンピュータを設置していいよCAIを進めていこうとしている。本論では、筆者は本校のLLがこれまでどのように語学教育を行ってきたか、そしてコンピュータを取り入れるに至った経緯、今後の本校での語学教育の在り方などを報告および考察してみたい。

2 設置までの経緯

1 主要機器(改装前) ソニー機器(フル・ラボ式)

本校が昭和39年4月開校してLLに46台(フルラボ)を設置した。昭和55年に従来のオープンリールのブースをカセットテープに切り替えて平成5年まで運転してきた。

主要機器は北辰電気(広島)によるソニーLL機器(フル・ラボ式)で、教室には6台の19インチのカラーTVを天井から吊り下げた。

2 教材(改装前) (表-1 参照)

一般の高等学校と異なり進学が少ないということから、英語のプラス面は、できるだけ教科書にとらわれることなく実用的な英語の学習ができるという高等専門学校の特質を活かしてWatch and Listen というNHK教育テレビ番組を1977年～1982年に、また1977年～1982年には Around the World を同じ番組から録画して、これらを基に各学年に応じた教材を担当の教師たちが作成してきた。内容は、聞き取り、英語の問いに対する英語の答えを学生に発表させたり、作文して発表させたりした。

その他の教材としては、年によってはLLの市販のものを用いて、単にヒアリングだけでなく学習者にテープのモデルに習って自分の声を録音させてリーディングまで幅を広げることもあった。

① Watch and Listen NHK教育テレビ番組 (1977～1982)
② Around the World NHK教育テレビ番組 (1983～1990)
③ その他のVTRテープ
④ 市販のLLテキスト付きテープ

表-1

また、授業時数は1995年現在とほぼ同じく、1, 2年各4クラスが週1時間を基本として、さらに5学年の英語特別講義で週1時間を当てる年もあった。その他、英語以外の教科でLLを利用することもあり、さらにLHRでテレビだけの鑑賞等で教室を利用することもあった。

3 設置への要因

平成2年ごろから、保守修理費用に出費が重なり始めるにしたがって、今後のLL授業についての構想とこれまでの見直しを始めた。その結果として次のような結論に至った。

① 時代的推移への対応(聞く→くり返して自分の声を録音して聞く→映像を見て聞く)

学習者は単にテープを聞くということで初めは満足はしていた。しかし、時代の変化と共に、モデルについて自分が真似をして録音をするということで一層の刺激を与えることになった。しかし、さらにテレビの普及にしたがって聴覚だけでなく視覚にも訴えることで学習効果を向上する動きが出てきた。本校の場合は、この段階で10年以上LLの学習を続けてきた。そして5～6年前頃から、急速にコンピュータによる語学演習が脚光を浴び始めた。当時はまだこれらを導入するには膨大な経費が必要であるためまったく設置の関心は薄かった。その後、本校のLL機器の老朽化に併せて、コンピュータを導入したときの学習効果を検討し始めた。

② 本校の学生は将来もコンピュータに接する機会があることから、キーボードを扱うことに慣れる必要性。

③ オーラル(口頭)(oral)から、オーラル(聴覚)(aural)への従来の、ある意味では消極的

な学習形態から、ビジュアル（視覚）(visual)を取り入れた積極的な学習形態へ飛躍することができる。従来の、とすると集団学習から、個々の能力に応じた個別学習になることで、英語を不得手にしてきた学習者が自分の納得いくまで英語の学習ができる可能性がある。

広島県立安芸府中高等学校の中土基（なかもと）先生がやはりこの点を指摘して「言語教育にとって、音は必須であり、動きはインタラクティブな教材作成を可能にし、臨場感もあり、生徒の創造性を育てる活動につながります。また個別学習が可能であり、生徒がやりたいことをやりたいときに自分のペースで学習ができるという点も大きかったと思います。」と、「ジニアス・クリッパー英語通信No.7, 1994年11月号」で述べている通りであろう。

- ④ 最近の青少年のパソコン熱を見ると、異常なほどの興味をもってゲームを初め様々な分野で利用している傾向がある。これを語学、少なくとも英語に利用して、彼等の興味を引き込む、学習への刺激を高めることに利用することは非常に効果的、と考えた。実際、昨年から、少しずつコンピュータを運転させて見ると、驚くほど早くマスターしてしまい我々の当初の目的がある程度達成できると予測している。

4 設置の目的・構想

以上のような反省と予測を踏まえて、コンピュータを取り入れる目的を次のように絞ってみた。説明としてはハード、ソフト両面を含めて述べる。

- ① LL教室でのパソコン通信のできるネットワーク（学習の動機付け）

コンピュータを、タテ型で従来のLLのコントロールシステムにするだけでなく、ヨコにもサーバシステムのネットワークで結んで、パソコン通信を可能にすること。例えば英文の電子メールのような形で学生同士で会話をさせたり、情報交換をさせるなどで利用する。

- ② 学内の専門学科（機械工学科、電気工学科、土木工学科、建築学科）及び情報センター、図書館などとの学内LANによるネットワーク（語学の専門化）を組むことで本校のCAIの特質として、学生は単に英語だけの演習ではなく、専門的な知識もこのLL教室から得ることができるようにすることを考えている。つまり、彼等の専攻する学科の英文の文献、論文をLANにより引き出して、専門的な英文の分野に入ることを可能にする。

- ③ 学外へのパソコン通信

- ④ 通信衛星の利用（情報の発信と国際化）

最近しきりに「インターネット」という言葉が聞かれるようになってきたが、本校の計画では、マスター・コンピュータに「インターネット」のように外部と接続して、これを教室の各コンピュータに流し学生が個々に実際の英語に接することができるようにする。

- ⑤ 学習の目標

本校のような進学を目標にしない高専の性質から、ある意味では学生に目標を持たせることは非常にむずかしいという面がある。そのため、このようなLL授業や英語弁論大会（中国地区8高専による）などで、英語に対する関心を持たせる機会を設けることで補っている。さらに、英語検定試験などに単位が認められることになり英語検定試験のみならず工業英語検定試験などへの対策も高専の英語学習の目標としてCAIに利用することも考えられる。

5 概要

表-2に現在の主だった機器の状況を示した。

コントロール・ルーム、つまり学生用は23台で、2人で1台を利用する。

① 主要機器

	機 種 ・ 規 格	台 数	製作社名
教 室	Cassette Booth Recorder ER-9030	43	Sony
	Apple Computer Macintosh LCⅡ	23	Apple
	ソニートリニトロンテレビモニタ CWM-1411	23	Sony
	CD-150	23	Apple
コ ン ト ロ ー ル ・ ル ー ム	Master Console LLC-9000	1	Sony
	Master Corder ER-9062	1	Sony
	Program Edittor PME-900	1	Sony
	Video Unit (ベータ, VHS, Laser Disc, 衛星放送, World Wide Video Communication)	1組	
	Video Presentation System VID-P11	1	Sony
	ソニートリニトロンテレビモニタ CWM-1411	2	Sony
	Apple Computer Macintosh LCⅢ	1	Apple
	LASER Writer Select 350	1	Apple
	CD-150	1	Apple

表-2

② おもなソフト (1994年現在)

まだ余りにも不十分であるが、現在、Mac Englishをどのように授業に取り入れるかを検討するため、学生に使わせながら試行錯誤で利用し始めている状況である。なお、これはCDなのでCD-150を利用しなくてはならない。

㈱西武百貨店商事本部情報システム部アップルグループ：Mac English

インターソフトネット：Uncle Waldo (ゲーム性を取り入れたソフトである。今後これらを教材として取り入れる工夫をしたい。)

Discis：Aesop's Fables

Discis：Cinderella

Discis：The Tale of Peter Rabbit

6 利用状況

大きく、①授業関係 (表-3)、②公開講座関係 (表-4)、その他と分けてある。

① 授業関係 *各学年は4クラス、使用時間は1週間単位

平成5年度、6年度の学生、時間数、教材、コンピュータ利用の有無である。担当は各英語科の教官及び補佐員1名が携わっている。

	学年	使用時間	使 用 教 材	備 考
平 成 5 年 度	1	4	LISTENING BREAK	コンピュータ利用
	2	4	SUPPORT FOR ENGLISH	コンピュータ利用
	3	4	ACTIVE LISTENING	コンピュータ利用
			異文化理解とコミュニケーション Australia	LL利用

	5	1	VTR教材	LL利用
平成6年度	1	4	LISTEN TO AMERICA	コンピュータ利用
	2	4	Mac English	コンピュータ利用
			SHORT LISTENING	LL利用
	3	4	POPULAR JOKES IN ENGLISH	コンピュータ利用
			LISTENING TOGETHER	LL利用
	5	1	VTR教材	TV利用

表-3

② 公開講座

ほぼ、毎年開講しているが、最近コンピュータを導入してからは、他学科のコンピュータ入門講座にも利用している。英語科での『コンピュータを用いた英会話』などコンピュータを利用した講座はまだテスト段階で、本格的なものではない。

開講年	講 座 名	担 当 者
昭和63年	中学生のためのLL利用による英語・英会話学習	英 語 科
平成元年	中学生のためのLL利用による英語・英会話学習	英 語 科
平成3年	中学生のための高校英語への「橋わたし」講座	英 語 科
平成3年	大人のための「海外旅行英会話」講座	英 語 科
平成3年	中学生のための高校英語への「橋わたし」講座	英 語 科
平成4年	大人のための「海外旅行英会話」講座	英 語 科
平成4年	中学3年生のための高校英語への「橋わたし」講座	英 語 科
平成4年	初心者のための実用パソコン講座	英語科以外
平成5年	高校への「橋わたし」英語	英 語 科
平成5年	コンピュータを用いた英会話	英 語 科
平成5年	マッキントッシュ入門	英語科以外

表-4

③ その他

コンピュータを用いてはいない。これらは教室内のモニタ・テレビを利用したものが大部分であり、さまざまな学年、学科が語学演習以外でも利用する。

3 CAI教育で利用できるもの

我々は既にこれまでのLLでじゅうぶん教育工学に沿った授業をおこなって教育機器については貴重な体験を積んできている。それらを基盤にしてこれからのCAIを操作するとき利用できるものはずいぶんある。その中で、CAIに特有のおもなものを挙げてみる。

1 ネットワーク

① マスタコンピュータ↔個々の学習者用コンピュータ（表-5 参照）

従来のLLシステムでは、マスタ・コンソールがあり、そこから個々のブースへとネットワー

クを結んでいるケースが主流である。CAIの場合も、これを基本として、教材を与えたり、管理するのはマスタコンピュータであり、それぞれのブースコンピュータはあるときにはプログラム学習をして、またあるときにはグループ学習、そして、必要なときには一斉学習をするという臨機応変なネットワークが必要である。

代表的な例としては、広島大学総合科学部LL教室や、広島市立大学語学センターで採用されているスクール・トークというネットワークの利用がある。市立大学の『語学センター案内』によれば、『特に（CALL機能を利用したマルチメディア的な授業）に関しては文字情報、映像、音声等を総合して、これまでの単にLLとしてlisteningを行うというだけでなく、speaking, reading, writingのいわゆる語学の4技能の学習に応用することができます。この教室のもう一つの特徴はネットワーク機能にあります。各ブースは独立して設置されているのではなく、教師用コンピュータとすべて接続されています。スクールトークというネットワーク網が教室に張り巡らされていて、授業担当者と学生及び学生間で情報をやり取りできる仕組みになっているのです。例えば、授業担当者がプリントを作成して配布するというようなことは不用になります。ネットワークを利用して最大2メガバイト（フロッピーディスク約2枚分）の情報をわずか15秒という早さで60ブース全部に送ることができます。学生間でメールをやり取りしたり、課題を教師側に提出したりということも可能です。』（HCU Language Center Newsletter 1st Edition/April 1995）と説明されている。

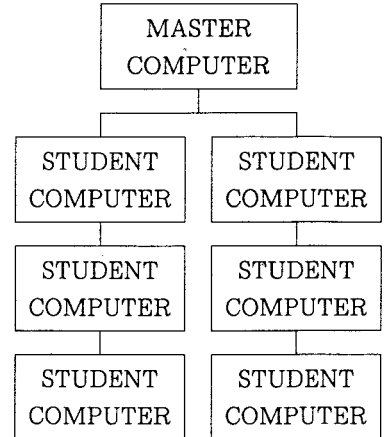


表-5

- ② 外部のネットワークとの接続（学内LAN, Eメール, インターネットなど）（表-6 参照）
 大学ではすでにEメール, インターネットなどがかなり普及してきて、例えば、学生全員に登録番号をもたせて、随時利用できるようなシステムをとっている大学もある。しかし、高専では、設備などの予算面等から、まだこれからの段階にある。英語教育の立場からインターネットの採用を考えてみると、およそ140カ国が加入しているこのネットワークではリアルタイムで学習者自らが自分の必要な情報を手に入れることができるその過程で実際に使われている英語を使わなくてはならない。つまり、情報を手に入れる第1段階ですすでに学習者に英語の必要性を痛感させることから始まり、世界中の人々と短時間で情報交換ができるというEメールなど、教室で学

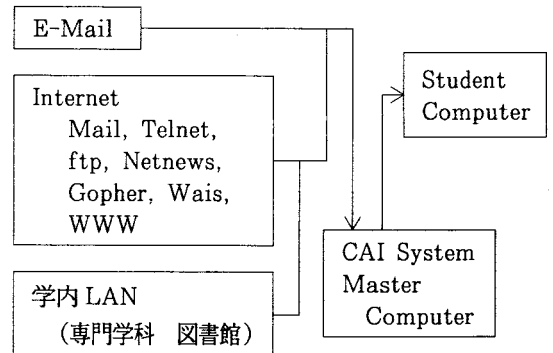


表-6

習者に教えることがほとんど不可能な、しかも日常使われる英語を実際に学習者が体験できることは大きな特徴である。また、英語の教材作成の点からも、これらを利用して適当な教材資料などを入手できることは先にもすでに触れたとおりである。このインターネットには、Mail, Telnet, ftp, Netnews, Gopher, Wais, WWW等の代表的なものを初め多くのアプリケーションがある。

2 CAIシステムの学習方法

CAIシステムの場合には次のような学習方法が考えられる。

① 個人の能力に応じた学習方法

教室で全体を一括して教材を流し、学習者全体が特定の時間で特定の単元を修得していくという従来の集団学習では、十分に学習者個々の能力の違いが尊重されていない。こうした従来の学習法の短所を補うことがねらいである。

この学習方法の利点として、例えば、寺島美紀子氏は『英語学力への挑戦』（1987年三友社出版）という著書の中に見られる。自信の回復と自己に対する再評価というテーマでは氏は講義方式の授業形態に対する自主学習授業の実践報告をされている。その中で自主学習授業をすることで、『生徒が自分の個性や力量・好みによって、何をどの順にやっていくかを好きに選んでやっている。（やるべき課題はあらかじめ明記されている）』（p.32）そして、そのような授業形態では、『生徒の様子が教師に手にとるように「見える」ことになる。また、その「見える」中身も講義形式のときとは格段の差がある。』（p.32）として、「見える」教育が自主学習授業の長所であると述べている。

山田裕師氏は『個に応じた英語科の授業展開』（1987年明治図書）の中でこの「自学自習学習」を「プログラム学習」として紹介している。そして基本的な考え方として『(1)自分のペースで学習を進めていくという「自己ペース」(2)学習の段階を小刻みにし、次から次へと進んでいく、「スモール・ステップ」(3)生徒は常に積極的に課題に取り組む。「積極的反応」(4)結果について、即時に確認をし、情報を提示し、自分自身で行動を修正させたり、発展させる「フィードバック』』（p.47）と述べている。

② グループ学習方法

少人数のグループ学習活動の最少人数としてのペア・グループを大河内武久氏は同じ『個に応じた英語科の授業展開』の中の『学習形態』で次のように述べている。『英語科におけるペア・グループ活動は、まず第1にコミュニケーションとしての言語習得に役立つこと、自学への積極性を促すことであろう。』ということからグループ学習活動の方法を提示している。

③ 一斉学習方法

これについては、既述の2著書のみならず、従来の教室における講義中心の学習形態であり、敢えてここでの説明を省く。

3 教材ソフトについて

従来のLL教材は今日では広く普及していて、入手には問題はほとんどない。また、VTR、CDを併用して多面的な教育効果を出しているのが実情である。コンピュータ自体が以前よりもずいぶん費用が低下してきて、設置も安易になったとはいっても、まだ、高専にとっては予算的に難しい実態がある。このように、設備予算、専属の係員の確保などハード面とその後の授業の運営、教材準備及びその教材選定などソフト面が考えられる。本発表では特にソフト面で我々が授業を進めようとするとき当面する教材ソフトについて述べたい。この意味ではCAIは、これからの教育機器であり、教材は多いとはいってもLLの教材の普及までには程遠い。現在考えられている教材の入手、製作等には次のような方法が考えられる。

① 既製のソフト教材

従来本校で使用してきたMac Englishをはじめかなり開発されて市販されている。経費の面では、かなり高額のソフトが多い。

効果の面では、一方的に業者の方で企画、編集しているので、これを利用する側は、現場の

実情（学習者の能力、興味・関心、他の授業教材との関連など）に応じて教育効果の上がるように慎重な選択をする必要がある。

② 半自作教材

インターネットなどからPDS(Public Domain Soft)を引き出して参考にすることができる。これは比較的安価で、中には無料のものもあり、それらを利用する。種類、数量も多いし、著作権問題にも触れないものもあるので、現場の実情に応じて教育効果の上がるソフトを利用できる。また、Authoring Softとして市販されているものがある。これは、コンピュータに不慣れな人でも指示通りにコンピュータを操作することで、自分の目的に即した教材が手軽に可能なものであり、例えば、メディア・ミックス社のソフト教材や、MacintoshのAuthor Ware等がある。

③ 自作教材

教育効果の点では、製作者が、現場に応じたプログラムを作れるため、最も効果的である。また、予算面でも問題はないが、反面では時間的に製作に馴れるまでは問題がある。特に、いわゆる「機械に弱い」という側にとっては抵抗が考えられる。例えば、Macintoshを利用する場合、HyperCardからソフトを製作することができる。この場合、ある程度の基本的な手順を心得ておく必要がある。以上の概略を表-7にまとめてみた。

	経費	手間	効果	条 件
既製のソフト教材	△	◎	△	予算面の確保
半自作教材	○	○	○	インターネットなどを利用
自作教材	◎	△	◎	HyperCardなど基本を知る

△ かかる ○ まあまあ ◎ ほとんどかからない
表-7

④ オリジナル・ソフトの製作

経費、学習者への対応等の面から最も効果的なオリジナル・ソフトの製作にあたって、その設定について次のような目標が考えられよう。

(1) 学習の動機付け

個人の能力に応じた段階内容、進度で学習することで、従来集団一斉授業にはついてこれない学習者に対する興味づけと、英語に対する無関心な学習者に対して、直接英語を使ってコンピュータを操作してはじめて自分の学習を進めることができる、という教材の設定。

(2) 語学の専門化

簡単な日常会話から専門的な情報まで、幅広く対応できる教材を設定。

(3) 情報の発信と国際化

学内のLANシステムのみならず、外部のインターネット、Eメールなどを通して、学習者が個々の課題を設定し、完成できるような教材の設定。このことにより、単に規定されたテキストにはないような国際的な課題に取り組むことが可能となる。

(4) 行動目標

特に最近ではさまざまな資格検定試験が普及してきているが、これらを学習者の一つの取得目標として教材設定をする。例えば、英語検定試験、工業英語検定試験、大学編入学試験等の問題に加えて、TOFLE、TOEICなども対象となる。

⑤ HyperCardの利用 (Macintosh の場合)

国の内外を問わず、教材の作成は可能であるが、特に筆者がMacintoshのHyperCardを選んだのは、筆者のようなまったくパソコンに関してはズブの素人にとっても比較的手軽に簡単なプログラムが作れることがその主な理由である。HyperCardについては、吉田光演氏（広島大学助教授）の次のような説明がある。

…………その点Macintosh（通称Mac）は、ファイルがアイコンで表され、メニューのほとんどがマウスで操作できる。さて、Mac本体に付属するプログラム言語がHyperCardである。

HyperCardを1987年に開発したBill Atkinsonは、「これを使えば、おばあさんでもコンピュータのプログラムが書ける」とその設計思想を述べている……（p.93「言語文化研究紀要」1992年7月創刊号琉球大学教養部）。そして、その最新バージョンであるハイパーカード2.0日本語版（アップルコンピュータジャパン）の特徴を(1)これはカード型のソフトであり、(2)Homeというスタックからさまざまなスタックへと異動できる。そして、(3)新たにスタックを取り出してその中にさまざまな指令を取り入れたり、文章を書き込んだり、「フィールド」「アイコン」「ボタン」などのオブジェクトをのせることができる。また、(4)「ツール」を用いて絵を作成したり、それを連続させてアニメなども可能である。さらに(5)付属のマイクを利用して音声の録音も組込むことができる。そしてこれらの指示は(6)Hyper Talkという英語の構文に似た平易なプログラミング言語を用いてわれわれ素人でも簡単な教材が可能である、と同氏は説明している。

⑥ HyperCardを用いた教材の例

別図を参考にして紹介していく。

HyperCard（図1）…………このソフトの基本になるカードで、このカードから新しくスタックと呼ばれるカードを作成していく。この手順はさまざまな参考書が市販されているので詳細は省くが、簡単に文章化すると次のようになる。

- (1) HyperCardをクリックすると、画面（デスクトップ）の上部に『ファイル、編集、ゴー、ツール、オブジェクト、フォント』と表示されたものが現れる。（図2）これをメニューバーという。

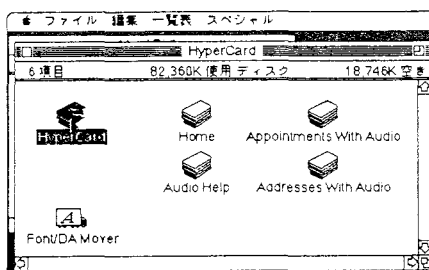


図1

HyperCard

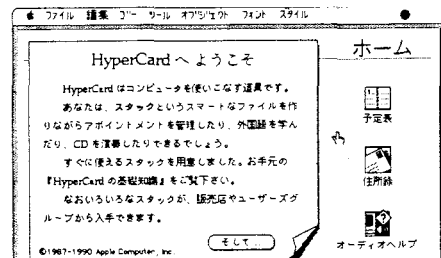


図2

ホームカードとメニューバー（図の最上段）

- (2) この中のファイルをクリックすると四角な枠の中に縦に『新規スタック、スタックを開く、スタックを閉じる、保存…………』と表示が現れる。これをサブメニューというが、この中の新規スタックをクリックする。（図3）
- (3) 画面にはこのスタックの名称を作るといふ空欄が現れるので、適当に記入して、『新規スタック』のボタンをクリックする。
- (4) デスクトップには新たにメニューバー以外にはなにもない画面が現れる。（図4）

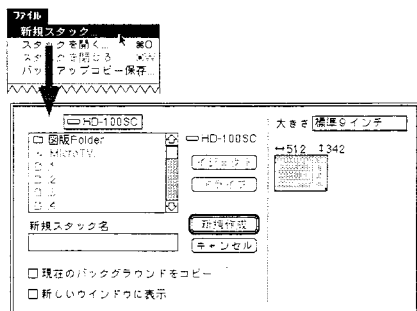


図3

サブメニュー

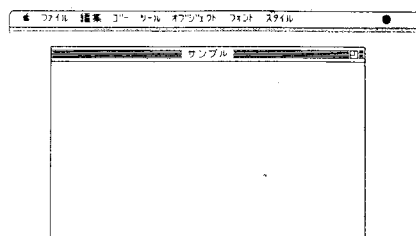


図4

新しく作られたスタック

(5)この画面のメニューバーの『ツール』をクリックして、それを『ブラウジング』して(マウスをクリックしたままでドラッグすること)画面の余白部の適当な位置にもっていく。

この『ツール』というボックスの中のさまざまな機能を用いてさまざまなソフトを作ることができる。その一例として簡単な教材のソフトを作成した。(図5)

図6はHyperCardソフトの表紙の作成例である。このように自分の好みのフォント、大きさ、バックの模様が作成できる。

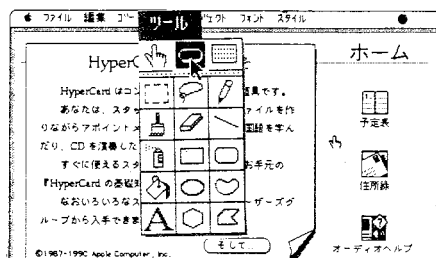


図5

ツールというボックスを開いたところ

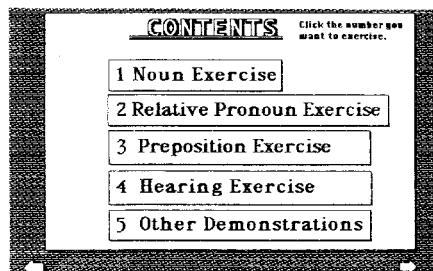


図6

筆者の作成したソフトの表紙の部分

図7はカッコの中から選択する問題の作例である。この中には、難しい単語をクリックするとその解説の表示、問題番号をクリックするとヒントの表示、間違った答えをクリックするとその表示、正解の時はその表示、それに応じた得点の表示等が組み込んである。

図8は右にある語群から適当な語をマウスでクリックしてそのまま適当な空欄にドラッグする。そして正しい位置に置かれるとその表示、そして得点が表示される。

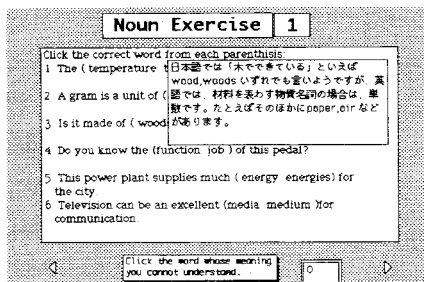


図7

自作ソフトの問題で単語の解説、ヒントをクリックしたところ

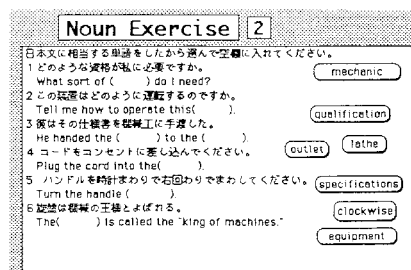


図8

下の語群をそれぞれ適当な位置にマウスでドラッグして異動する

図9は図8をさらに発展させて、日本語に相当する文章になるように語句をマウスのドラッグで異動させる。また、このほかにもコンピュータに内蔵されている録音システムを利用してヒアリングのソフトにも応用することもできる。

図10は右の『電話』『コンピュータ』などの図(アイコン)をクリックすると音声で「～に置きなさい」という表示があるので、それをマウスでドラッグして正しい位置に持っていく。

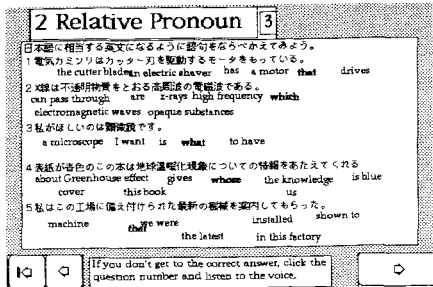


図9

日本語に合うように語句をマウスでドラッグしながら並べて英文を完成する

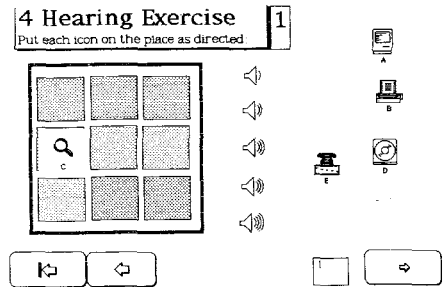


図10

アイコンをクリックしてそれぞれの英語の指示にしたがってそれらをドラッグする

このように HyperCard は作成者の発想次第で様々な利用ができる。ただ、操作が煩雑だ、として敬遠する側からすれば、すでにこの段階でウンザリすることも考えられる。そこで、現在、この改良点としては、ワープロ感覚で資料を打ち込むだけで、自分の好みのフォーマットに組み込める教材ができるとだれにでも抵抗なく、教師個々のソフトができるという可能性を追求したい。一方、評価の段階では、学習者がただちに自分の学習結果が判るまでには表示は可能であるが、次の段階として、『何回目に正解に辿り着いたか』『どの箇所でも苦しんでいるか』などが記録できたら、これを資料として、さらに効果的な教材の開発、授業の進め方に工夫が生まれると考えられる。

4 今後の展望

1 当初の目的の達成

これまで述べてきたように、当初の我々の目標とした機能を果たすにはまったく、台数、諸施設等が不十分である。今後は、限られた環境ではあるが、コンピュータの機能を十分に発揮する工夫を益々進めていきたい。その中でも、中土基氏(広島県立安芸府中等高等学校)が『言語教育にとって、音は必須であり、動きはインタラクティブな教材作成を可能にし、臨場感もあり、生徒の創造性を育てる活動につながります。また個別学習が可能であり、生徒がやりたいことをやりたいときに自分のペースで学習ができるという点も大きかったと思います。』(「ジーニアス・クリッパー—英語通信—TAISYUKANN」November 1994 p.11)と述べておられるようにCAIの目標の一つである学習者個々の能力に応じた語学演習という点を進める方法をいかに効果的に発展させていくかということが課題であろう。

2 時代の趨勢から今後は

4～5年前頃から急速にコンピュータが言語教育の分野に取り入れられ初めて、CAI(Computer Assisted Instruction)とか、CALL(Computer Assisted Language Learning)等と呼ばれて研究が進められている。また、これに応じてソフト教材もますます改良されてすぐれたものが現れ

てきた。一方では、情報産業、情報化社会の進歩と共にコンピュータは我々の生活に密接な関係を持ってきている現在、学習者も単に、聴覚、視覚だけのいわゆる「受け身」の学習では満足しなくなるのは当然であろう。実際にコンピュータ化されていくと考えている。また、現代をマルチメディア期だとして古賀友也氏は、コンピュータの今後を次のように分析している。

「現在ではパーソナルコンピュータの値段がかなり安くなり、処理能力は一層高速となったために動画などのメディアを容易に快適に扱うことができるようになった。そして、音声のサンプリングはもちろんCD-ROMドライブを装備できるということが（とりわけ教育用の）コンピュータには当然のこととなってきた。また海外で普及しているIBM社、その互換機メーカー、APPLE社も本格的に日本のパソコン市場に参入し使用できるマルチメディア・ソフトも大幅に増えた。それゆえにマルチメディアは現在のコンピュータ業界、CAIにとっての必須のキーワードとなった。このように海外においてマルチメディア・パソコンは常識であり、日本においても普及の傾向にある。またマルチメディア対応の教材、ソフトウェアも増加している。そのマルチメディア・ソフトの中でも discourse, interaction ということ考えた時に有効であろうと考えられるものが Interactive Movie である。」(広島LL研究会発表資料『Discourse Competenceを育てるCAIへむけて』1993/06/12 pp.2-33)

我々はこの意味からも、ちょうど10年以上前、LLという画期的な語学演習装置に取り組んできて今日の語学の発展を迎えたのと同じように今後はコンピュータという時代の趨勢を先取りして従来とはまったく異なった英語教育を達成すべく模索していかなくてはならない。

5 参考資料

中山一彦編：教師のためのコンピュータ読本 日本文化科学社 平成2年6月

HCU Language Newsletter 1st Edition/April 1995

言語文化研究紀要 1992年7月創刊号 琉球大学教養部

広島LL研究会発表資料『Discourse Competenceを育てるCAIへむけて』1993/06/12

ジーニアス・クリッパー 言語通信-TAISYUKAN November 1994

(平成7年10月16日受付)

ウェールズの地名 (4)

(一般科目) 石 井 淳 二

Place-Names in Wales (4)

Junji ISHII

In *Place-Names in Wales* (3) I dealt exclusively with the place-names in Breconshire, or *Brycheiniog*.

Here in this part I would like to deal exclusively with the place-names in Cardiganshire, or *Ceredigion*.

Key Words: Weles, Welsh, Cardiganshire, place-names

ウェールズ, ウェールズ語, カーディガンシャー州, 地名

§1. はじめに

ウェールズが生んだ詩人 Dylan Marlais Thomas (1914-53) は、ウェールズ西部の旧州カーディガンシャー州について次のように述べている (P. Yapp, 1983, pp.421-422)。

Cardiganshire

Dear Tommy, please, from far, sciatic Kingsley
 Borrow my eyes. The darkening sea flings Lea
 And Perrins on the cockled tablecloth
 Of mud and sand. And, like a sable moth
 A cloud against the glassy sun flutters his
 Wings. It would be better if the sun is
 Shut. Sinister dark over Cardigan
 Bay. No good is abroad. I unhardy can
 Hardly bear the din of No-good wracked dry on
 The pebbles. It is time for the Black Lion
 But there is only Buckley's unfrisky
 Mild. Turned again Worthington. Never whisky.
 I sit at the open window, observing
 The salty scene and my Playered gob curving
 Down to the wild, umbrella'd, and french lettered
 Beach, hearing rise slimy from the Welsh lechered
 Caves the cries of the parchs and their flocks. I
 Hear their laughter sly as gonococci.

§3. カーディガンシャー州の地名

ABERAERON

この町は、*Aeron*川の河口に位置している。*Aeron*は、恐らく、「澄んだ透明な水」を表す *air* + *ain* の合成語であろう。因みに、A. Room は、この地名に関して次のように述べている。

The river's name, which means basically 'battle' (Old Welsh *aer*), refers to the goddess who was believed to live in its waters. (1993, p.1)

また、H. Gruffudd は、*AERON* について次のように述べている。

Celtic *Agrona* = goddess of slaughter; god of battle, as *Aerfen*; *Aberaeron*, *Ceredigion* (1980, p.6)

更に、*AERFEN* に関しても次のように説明している。

aer = battle; *fen* = ending

A river goddess worshipped by the Celts (1980, p.6)

ABERARTH

この村は、*Arth*川の河口に位置している。従って、この地名が生じた。*Arth*は、「熊」を表すウェールズ語。この川の命名は、恐らく、川の水が、熊のような騒々しい音を立てるためだったのであろう。*Arthu*は、「(熊のように) 唸る、荒々しく、またはしゃがれ声で唸る」の意。

*Arthog*は、この州の別の小川の名前で、「熊のような、荒々しい、どら声の」の意。*Cyfarth*「吠える」は、同系の語群に属する。

ABERCERDIN

*Cerdin*と呼ばれる小川が、*Llandyssul*の北およそ1マイルのところで、*Teifi*川に注ぐ。従って、この地名がある。この小川の命名は、近所で一般に信じられている説によれば、沢山の *cerdin*「(西洋)とねりこの木」が、かつて、小川の兩岸を飾っていたことによる。

ABERGWROG

Gwrog (川の名前) は、*gwyrog*「曲がっている、うねりくねった」の転訛。同じ州内に *Gwyre* と呼ばれる別の川があるが、これも、同じ意味を持っているかもしれない。

ABERMAID

*Maid*は、「境界、分離、限定」の意。地名は、この地を実に適切に叙述している、といえる。なぜなら、ここは、一方の谷を他方の谷と隔てる境界地点であるからだ。

ABERPEITHNANT

Aber+paith「澄んだ、透明な、開いた」+*nant*「小川」。従って、「澄んだ小川の河口」の意味。*Paith*は、*gobaith*「希望」という語中の主要な語根である。希望を持っている人は、将来に関して明確な考えを持っている、と言えるだろう。*Dyffryn Paith*「望みの谷間」は、同じ州内にある。

ABERPORTH

*Porth*は、「港」の意。この村は、一種の自然港になっている。そのため、*Aber-y-Porth*「港口」と呼ばれた。

因みに、A. Room は、この地名に関して次のように述べている。

A fishing village in southwest Wales whose name simply means 'mouth of the port', from the Old Welsh *aber* (mouth) and *porth* (port); the latter appears in Cornish form in names like PERRANPORTH and PORTHCURNO. Compare PORTSMOUTH. (1993, p.3)

ABERYSTWYTH

- この美しい港町は、*Ystwyth*と*Rheidol*の二つの川の合流点に位置している。そして、地名は、前者の川の名前に由来する。古名は、*Llanbadarn Gaerog*であったが、エリザベス一世女王の時代から現在の名前で知られている。

A. Room は、この地名について次のように説明している。

One would expect this west Wales coastal resort to be at the mouth (Old Welsh *aber*) of the River Ystwyth. But it is actually at the mouth of the Rheidol! The situation is rather similar to the development of ABERDEEN. The original site of the town was a Norman castle built in 1110 in the valley of River Ystwyth, about a mile and a half south of the present town. A second castle was then built in 1211 at the mouth of the Rheidol, where the town stands today (the castle's ruins are still there). The name thus refers to the original site and is a misnomer for the modern town. The name Ystwyth means 'winding', describing the river's course as it flows to the sea. The name of Aberystwyth was recorded as *Aberestuuth* in a document dated 1232. (1993, p.3)

Aberystwyth は、ウェールズの首都 Cardiff と並ぶ行政、学問の中心地であり、保養地としても有名である。この町の北東の丘の上には、ウェールズ大学 (The University College of Wales, Aberystwyth) と石造りの堂々としたウェールズ国立図書館 (The National Library of Wales) がある。図書館には、ウェールズ語による最古の写本『カーマーゼンの黒書』(The Black Book of Carmarthen, 12世紀) や『ロデリックの白書』(The White Book of Roderick, 14世紀), 『タリエシンの本』(The Book of Taliesin, 14世紀) など貴重な文献が収められている。

ARDUDWY

Ar 「～の上に、～を覆って」+ *tud* 「土、地面」+ *wy* 「水」の合成語。従って、文字通り「ワイ川 (The Wye) の岸の上に」の意。

ARGOED

Ar-ard 「高さ」+ *coed* 「樹木」。この地名は、「森によって覆われた場所」を表す。

ATPAR

多分、*At-bar* 「丘の頂上の方へ」の英語化形であろう。この村は、また、*Trefhedyn* とも呼ばれている。恐らく、*Tref-y-din* が転訛したものと考えられる。

BETTWS-BLEDRWS

Bettws に関しては、既に、筆者の『ウェールズの地名(1)』(1992, pp.6-7) で説明済みである。教会は、St. Bledrws に献納されている。従って、この地名がある。

BETTWS IFAN

教会は、St. John に献納されている。*Ifan* または *Ieuan* は、*Ioan* (John) の古いウェールズ語形である。

因みに、H. Gruffud は、*Ifan* について次のように説明している。

From the Latin "Iohannes" through the colloquial "Iovannes". Form of "John", later "Evan" (1980, p.59)

BLAENCARON

Blaen 「先端、源、頂上」+ *Caron* (川の名前) の合成語。この地名は、*Caron* 川の水源近くに位置している。従って、この地名がある。

BLAENHOWNANT

この村は、*Hownant* と呼ばれる。*How* は、*hoyw* 「活発な、威勢のよい」の転訛。*Nant* は、「小川」の意。*Hownant* 川の水源近くに位置しているため、この地名が付けられた。

BLAENPORTH

Blaen 「先端」+ *porth* 「港」。北ウェールズのグワイネズ (Gwynedd) 王 Gruffudd ap Cynan (1055-1137) は、Ceredigion Iscoed にやって来て、ギルバート伯爵 (Earl Gilbert) とフランダース人達が、*Blaen Porth Gwythai* という場所に築いていた砦を攻囲した。1114年のことである。

BLAENYPORTH

Blaen 「先端」+ *y* (定冠詞) + *porth* 「港」。この教区は、*Aberporth* と呼ばれる天然港の南側を形成する巨大な岩の先端にある。

BRECHFA

Brech 「斑の、雀斑のある」+ *man* 「場所」の合成語。この地名は、もとアイルランドの出身で、5世紀にブレコンシャー州に定住した *Brychan* が、雀斑のある顔をしていたことに由来している、と考えられる。

BRONGEST

Bron は、文字通りには「胸」を表す。しかし、ここでは「斜面、丘陵の斜面」の意。*Cest* は、「二つの山の間の深い谷間」を意味する。従って、この地名は、村の位置する場所をよく説明している。

BRONGWYN

カーディガンシャー州 (Cardiganshire) とペンブローックシャー州 (Pembrokeshire) の教区。この地名は、ドゥルーイド僧の遺物であり、*Ceryg y Bryn Gwyn* 「裁判所のある丘の石」は、彼等の組織に属していた、という説がある。もしそうなら、接頭辞の *bron* は、この場合 *bryn* 「丘」の転訛である。

BWLCHCRWYS

Bwlch 「割れ目、裂け目、狭い谷道、山間を通る道」+ *crwys* (*croes* 「十字架」の異形)。 *Bwlch-y-groes* という地名は、ウェールズではよく見られる。また、*croes* が *crwys* に変形している例も、多数ある。例えば、*Y Crwys*, *Pantycrwys*, そして *Bwlch-y-crwys* などである。 "*Dan ei grwys*" 「十

字架の下に」は、棺に入れられる前の死体の姿勢に関して、ウェールズでは今日でさえもしばしば用いられる成句である。カトリック教の時代には、経かたびらを着せられた死体の上に、十字架を置くのが慣例であった。しかし、今日では、成句は耳にするが、カトリック教の遺風の方は、ウェールズ人の間ではまったく行われていない。ウェールズの多くの地名は、今でも *crwys* という名前を保持しているが、その中の一つが、この *Bwlcherwys* である。昔は、巡礼者が、一定の山道を通ずる前に、十字架の祝福あらんことを祈るため、身をひれ伏すのが習慣であった。従って、*Bwlcherwys*、または *Bwlchygroes* の地名がある。

CAPEL Y DRINDOD

この村の名前は、多分、同名のウェールズのカルヴィン派メソジスト教会堂に由来しているであろう。

CAPEL SION

この地名は、村のカルヴィン派メソジスト教会堂に由来する。

CAPEL GWNDWN

Capel 「教会堂」。 *Cwn* 「小高い所、高台」 + *dwn* 「薄暗い、黒ずんだ、黒い」。

CEINEWYDD

Cei 「波止場」 + *newydd* 「新しい」の混種語 (hybrid) である。英語の *quay* は、フランス語の *quai* から来ている。新しい地名は、New Quay である。

CELLAN

この教区名は、*cell* 「隠れ場、小さい森」 + *llan* 「教会」の合成語で、「小さな森の中の教会」を表す。

CENARTH

正しくは、*Genarth* 「熊の顎」である、という説がある。言い伝えによると、この地で熊の顎骨が、更にその頭が、*Penarth* で発見された。*Penarth* は、他の所でも説明されているように、*Penygarth* である。そこで、*Cenarth* は、*cefn* 「山の背、峰」 + *garth* 「砦、丘、岬」の合成語である、と考えられる。この地名は、高い山の峰に位置し、タイヴィ川 (The River Teivi) の優美な水の動きをいつも見守っているこの地を、鮮明に描写している。

CEULAN

この地を貫流するケ克蘭川 (The River Ceclan) に由来する。言い伝えによると、この地は、6世紀の詩人タリエシン (Taliesin) が埋葬された所である。

CILCENIN

Cil 「避難所」 + *Cennin* の合成語。*Cennin* は、*St. Cannen* の転訛形である。教区教会は、彼に献納されている。

CILCENNIN

この村名は、多分、*Cenwyn* に由来しているだろう。彼は、*Llanbadarn Fawr* の *Bangor Padarn* と呼ばれた、*Padarn* の会衆派に属する聖人であった、教会は、*St. Cenwyn* に奉納されている。

Padarn は、6 世紀の聖人である。

因みに、J. Jones は、この地名に関して次のように説明している。

From *cil*, a nook or source of a stream, and *cennin*, the stream itself, which may have been named after St. Cennyn. (1990, p.17)

CILIAU AERON

アイロン川 (The River Aeron) 沿岸の引込んだ村。

CLARACH

この地名は、近くを流れているクララホ川 (The River Clarach) に由来する。Clar-claer 「澄んだ」+ach 「川」。

CNWCH COCH

恐らく、Cnwch Coch 「赤い小山、または塚」のアイランド語形の転訛であろう。

CROES

この地名は、クロイス川 (The River Croes) に由来する。Croes は、「十字架」の意。

CWM BARRE

バレ川 (The River Barre) が貫流している谷間。Bar 「限界、制限」+re (bar を複数形にする *rau* の転訛)。この川は、Traedryaur と Penbryn 両教区において、幾つかの地域間の境界になっている。Barry (Cardiff の南西にある港町および島の名前) は、同じ語根から生じた、と考えられる。

CWM RHEIDOL

Cwm は、「丘に取り囲まれている低地」の意。Rheidol は、この地を貫流する川の名前で、Rhyd-y-ddol 「低地の小川」の短縮形である。

DIHEWYD

Dehau-wydd の母音変化。Dehau 「南」+gwydd 「見える所にある状態」。Gwyddfod は、「存在」の意。この教区には Moel Dihewyd と呼ばれる丘があるが、この名前は、その丘の南側に因んで付けられたものである。

DOLBLODAU

Dol 「牧草地、川辺の低地」+blodau (blodyn 「花」の複数形)。

DOTHI-CAMDDWR

Dothi は、dowyddu 「膨張、増大、隆起」の転訛形。Camddwr は、cam 「曲がっている、ねじくれた」+ddwr-dŵr 「水」の合成語で、この地を貫流する川の名前である。水路が曲がりくねっているため、そう呼ばれる。

FELINBEDAIR

Felin 「製粉所」+bedair-pedair 「四つの」。四つの泉があり、それぞれが、製粉所を稼働させる

のに役立っているという事実のため、そう呼ばれる。

FERWIG

Berw「沸騰, 噴出」+ *wig* (*gwig*「小さい森, 引込んだ所, 避難所」の変化形)。正しい綴りは, *Berwig* である。これは, イングランドの *Berwick* などと同語源である, とする説がある。

FFAIR RHOS

Ffair「(定期) 市」+ *rhos*「荒れ地, 荒れ野, 草原」。昔は, 五つの市が, 毎年, この村で開かれた。しかし, 結局, *Pontrhydfendigaid* に移動した。

GARTHELI

Gwrtheli の転訛形。これは, この村に教会堂を創建した聖人の名前である。

GWBERT

Gwy「水」+ *bert-pert*「綺麗な」の合成語。

GWENFYL

この村の名前は, *St. Gwenfyl* (433-464) に由来する。カルヴィン派のメソジスト教徒達は, 1757年に, *Llangeitho* の *Daniel Rowlands* 師が, この地に所有していた納屋の中で礼拝を始めた。

因みに, *Jan Morris* は, *D. Rowlands* について次のように言及している。

Daniel Rowlands used to appear suddenly before his congregation at Llangeitho, in Dyfed, as though out of heaven itself, through a door at the back of his pulpit...

People travelled immense distances to hear the great revivalists. Hundreds came by sea from North Wales to Rowlands's meetings at Llangeitho, landing at one or other of the little havens of the west coast and walking the rest of the way... Up and down Wales their shrines remain places of pious pilgrimage. Daniel Rowlands stands in lugubrious effigy on the site of his chapel at Llangeitho, whose village square, once thronged on Sunday evenings with the thousands of his visiting congregations, now lies silent in the dusk, dominated by an ancient yew within a whitewashed wall like the plaza of some more southern sanctuary. (1986, pp.111-112)

HAWEN

この村の名前は, ハウエン川 (*The River Hawen*) に由来する。*Hawen* は, *aw*「動作者, 水」+ *an*, または *ain*「小川」の合成語で, 「流れる小川」を表す。この地名は, *hafod-wen*「白い夏の住み家」の短縮形である, とする説もある。

HENBELIN

恐らく, *Henfelin* の転訛形であろう。*Hen*「古い」+ *felin-melin*「製粉所」。

HENFYNYW

この地名は, “*Old Menevia*” を表す。言い伝えによれば, 聖デイヴィッド大聖堂 (*St. David's Cathedral*) は, 最初この地に建てられる予定だった。この教区は, ウェールズの守護聖人である

聖デイヴィッドが、幼年時代を過ごした場所として有名である。教会の近くにある泉は、*Ffynon Ddewi*「聖デイヴィッドの泉」と呼ばれている。

HENLLAN

この地名は、*Hen*「古い」+*llan*「教会」の合成語。これは、この教区の最初の教会が、極めて古いことを示している。

HENLLYS

Hen「古い」+*llys*「宮廷、館、城、邸宅」の合成語で、「非常に古い館」を表す。*Henllys* と *Gadlys* は、ウェールズの君主達によって交えられた戦いの痕跡として、ウェールズに多数あることが分かっている。

LLANANERCH

Llan「教会」+*llannerch*「囲い地」の合成語。後者は、「高台」を表すこともある。

LLANARTH

*Arth*は、ここでは「熊」を意味する、という説がある。一般の住民は、遠い昔、この地に熊がいた、と思っている。しかし、高德なウェールズ人が、熊の名前を教会と結びつけるということは、殆ど信じられない。従って、この地名は、*Llan*「教会」+*garth*「丘、囲い地」の合成語である、と考えられる。

因みに、J. Jones の説も、後者の説と同じである。(1990, p.27)

LLANBADARN

教会は、*St. Padarn* に献納されている。彼は、Usher によると、Armorica (古代のフランス北西部の一地方のことで、ほぼ現在の Brittany に当たる) の司教であったが、516年に、従兄弟の *Cadvan* と一緒にウェールズにやって来た。彼は、*Illyd* のカーディガンシャー州神学校を卒業した後、*Llanbadarn Fawr* と呼ばれる所で、120人の会衆を集めた。*Fawr* が、種差として付加されたのは、同名の他の教区より有名であることを明らかにするためと、また、隣接する *Aberystwyth* (昔は、*Llanbadarn Gaerog* と呼ばれていた) と区別するためであった。

因みに、J. Morris は、この教会に関して次のように述べている。

Where there was a Celtic *clas*, grander churches arose. As the years went by they were Normanized, given cruciform shapes and towers of consequence, but some of them are still lofty memorials to the days when the Welsh scholar-saints lived and worked there among their monkish pupils. One such is the *Llanbadarn Fawr*, outside *Aberystwyth*. This stands like a small cathedral on the edge of the foothills, looking down to the sea, and has been a holy place since the sixth century, when *St Padarn* founded his monastery there. It is a solemn, very powerful, very spare. Outside it is plain, inside it is almost overwhelmingly austere, bare stone, bare floors, whitewash, tall, dark, cool, its ancient presence easily absorbing the florid memorials of eighteenth-century gentry plastered on its walls, and the impertinent restorations of the Victorians. (1986, pp.293-294)

LLANBEDR-PONT-STEFFAN

英語による俗称を、Lampeter という。これは、*Llanbedr* の英語化形である。ウェールズには、*Pedr* 「ピーター (Peter)」 という名前の教会が、たくさんある。しかし、このピーターが、どんな人物であったのかは、推測の問題である。大抵の著述家は、使徒ピーターに言及している。ある文書によると、この *Pont* 「橋」は、15世紀初期に建設されたようである。"Rhys, the son of David ap Rhys, of Pencarreg, married Lleuan, daughter of Ieuan David Llwyd ap David Ddu ap David Decka ap Steven, the man who erected Lampeter bridge at his own expense."

因みに、A. Room は、Lampeter に関して次のように詳説している。

This small market town northeast of CARMARTHEN has a name that represents the Welsh *Llanbedr*, 'St. Peter's church', from *llan* (church) and the Welsh form of the name *Pedr* (Peter), as required after this first word. Thus although the town is perhaps best known for St David's College, of the University of Wales, its name is properly preserved in its (mostly rebuilt) parish church of St. Peter.

The full Welsh name of the town is *Llanbedr Pont Steffan*, 'St Peter's church at Stephen's bridge'. Stephen would have been the name of the man appointed to look after the bridge in medieval times, an important matter in those days, when a bridge was the lifeline to a place and the route by which an enemy could enter. The name was recorded in 1284 as *Lanpeter*, and in a document of 1301 as *Lampeter Pount Steune*. (1993, p.205)

LLANDAIN FACH

Dain 「美しい、見事な」。 *Fach* 「小さい」。従って、この地名は、「美しい小さな教会」を表す。

LLANDEGWY

Tegwy は、6世紀の聖人で、Nudd Hael の子孫であった。教会は、彼に奉納されている。

LLANDYSILILOGOGO

聖タシリオー (St. *Tysilio*) は、7世紀の司教で、著名な作家でもあった。彼は、ウェールズの多くの教会の守護聖人であった。種差の *gogo* は、*ogofau* (*ogof* 「洞穴」の複数形) の語頭音変化である。因みに、この教区には、多くの洞穴がある。

LLANDYSSUL

Tysul は、Cunedda Wledig の子孫で、6世紀の聖人。教会は、彼に奉納された。この教区の小さな農場 Esgair Wen で、名声不朽の Christmas Evans (1776-1838) が、キリスト降誕祭に生まれた。

因みに、J. Morris は、後者について次のように述べている。

Christmas Evans, the one-eyed Baptist virtuoso of Llandysul in Dyfed, was said to make his congregation tremble just by his Cyclopien glare. (1986, p.111)

LLANDDEINIOL

Deiniol Wyn, 即ち Daniel は、6世紀中葉の聖人で、彼の父 *Dunawd Fur* が、Bangor Iscoed で有名な修道院を創建するのを手伝った。彼は、幾つかの教会を創建したが、Llandeiniol は、

その中の一つである、と考えられる。従って、この地名がある。

因みに、R. Spencer は、聖ダニエル(St. Daniel)に関して次のように詳述している。

ST DEINIOL, or Daniel (the Elder), died 584, Bishop, 11th September. Born in Strathclyde, Scotland, of the family of Coel Godebog, king of the North Britons. Deiniol came to North Wales in the early sixth-century, and in the year 525 AD settled at Bangor Fawr on the Menai Straits where he received some land from King Cadwallon; thus he was able to build a church and monastery there. In 540 AD Deiniol refounded a monastery at Bangor-is-y-Coey (Bangor Iscoed) on the river Dee in Clwyd, and by about 550 AD his father St Dunwyd (Donat) had become abbot.

Deiniol attended the synod of Llandewi Brefi where he was consecrated Bishop of Bangor-Fawr by St David. On his way back to the north, he founded the church of Llandeiniol, near Aberystwyth in Dyfed, and he and his disciples built the churches of Llanfor and Llanuwchllyn near Lake Bala. Other dedications to Deiniol can be found at Marchwial and Worthenbury in Clwyd, and also at Itton (Llandeiniol) in Gwent, and Llangarron in Herefordshire where he is called St Deinst. St Deiniol probably died at Bangor-Fawr, but he was buried on Bardsey Isle (Ynys Enlli). The cathedral at Bangor in Gwynedd is dedicated to St Deiniol. (1991, p.32)

LLANDDEWI-ABERARTH

教会は、ウェールズの守護聖人 *Dewi Sant*, 即ち St. David (?530-?589, または601) に献納された。*Aber*「河口」+*Arth*「アルス川」。村は、この川の河口にある。*Arth* は、「荒々しい、厳しい」の意。

LLANDDEWI-BREFI

Brefi は、「牛のモーという鳴き声」の意。或る伝説上の牛は、湖から *afanc*「海狸」を狩り出すのに無理をして、突然死んでしまった。連れ合いを失ったもう一方の牛は、悲しみの余り、食物を拒絶して、さまよい歩き、とうとう *Brefi* と呼ばれる所で死んでしまった。*Brefi* と呼ばれるのは、神聖な動物である牛の悲しみに沈んだ呻き声のためである。ウェールズの守護聖人 *Dewi* は、この地に教会と神学校を創建した。従って、*Llanddewi-Brefi* の地名がある。

因みに、J. Davies は、この地における *Dewi* の活動について次のように述べている。

It is credible that David was of the royal house of Ceredigion and his emphasis upon hard work, vegetarianism and temperance shows that he belonged to the most ascetic branch of the monastic tradition. It is also likely that in his day he was the most respected leader of the Christians of Wales. It was that respect, no doubt, rather than any hierarchical office he held which allowed him to preside over ecclesiastical synods such as that at Llanddewibrefi, held some time around 570. That was the occasion of his most famous miracle when the hill rose beneath his feet—although in view of the nature of the landscape of Ceredigion it would be difficult to conceive of any miracle more superfluous. (1993, p.76)

LLANDDYFRIOG

Tyfriog は、6世紀末の聖人で、この教会を創建した。*Tyfriog* は、*Briafael* の愛称。

LLANFAIR

Llan「教会」+*Fair-Mair*「聖メアリー(マリア)」。教会は、聖メアリーに献納された。従って、この小村の名前は、「聖メアリーの教会」を意味する。

LLANFIHANGEL CASTELL GWALLTER

Llan「教会」+*Fihangel-Mihangel*「聖マイケル(St. Michael)」。*Castell*「城」。*Gwallter*は、「ウォールター(Walter)」の意。教会は、聖マイケル(ミカエル)に献納された。Walter l'Especeが、ノルマン人による英国征服の間に、この教会の近くにある丘の上に城を築いた。従って、地名が更に追加され、長くなった。

LLANFIHANGEL LLEDROD

教会は、聖マイケルに奉納されている。*Lledrod*は、*llethr*「坂、斜面」+*troed*「足、麓」の合成語。教会は、坂の麓に建てられている。

LLANFIHANGEL-Y-CREUDDYN

教会は、聖マイケルに献納されている。Lewis Morris (1701-65)によれば、*Crenddyn*は、*creu*「血」+*dun*「砦」に由来し、「血なまぐさい砦」を表す。Conway(現在はConwy)の近くに、同名の commot(昔のウェールズにおける土地と行政の単位で、二つの commot は、一つの cantred に相当する)があった。

LLANGEITHO

*Ceitho*は、Cynyr Tarfdrwchの息子で、6世紀の聖人。彼が創建した教会は、彼自身に献納された。

LLANGOEDMOR

Coed「森、樹木」。*Mor-mawr*「大きい」。教会が建てられている地点は、大昔から生長してきた樹木に富む。

LLANGRANNOG

この地名は、Ceredigの息子Cornの息子の聖クラノグ(St. Cranog)に由来する、という説がある。他方、*Gwyddno Garanhir*に由来する、という説もある。これは、「鶴」の意で、箱船に乗った司祭を表す。彼は、船を無事に *Sarn Badrig*「パトリックの土手道」の砂洲に着けた。因みに、T. MorganとJ. Jonesは、前者の由来を採用している。

LLANGUNLLO

*Cunllo*は、かつて君主であったが、ウェールズの幾つかの教会の守護聖人になった。彼は、Reesの『ウェールズの諸聖人』(Welsh Saints)の中で、*Cynllo*「王様」として記されている。

LLANGWYRYFON

*Gwyryfon*は、*gwyry*, *gwyryf*「処女」の複数形。言い伝えによると、この教会は、聖ウルスラ(St. Ursula)と11,000人の清らかな処女達に献納された。彼女達は、聖パダルン(St. Padarn)と共にアルモリカ(Armorica)から、6世紀そこで猛威をふるっていた迫害を避けるため逃れた。そして、この教区に定住し、高潔で神聖な生活を送った。

因みに、研究社の『英米文学辞典』には、聖ウルスラに関して次のような説明がある。

第4世紀頃(第3・5・6世紀など諸説あり)のブリテン島の聖女・殉教者。キリスト教に帰依したブリテン王の娘と伝えられ、ローマから巡礼の帰途 Cologne 付近で Hun 族に捕らえられ、11,000人の処女たちとともに殺されたという。この伝説は、Geoffrey of Monmouth によってひろく知られた。記念日は10月21日。(1985, p.1400)

LLANILAR

教会は、6世紀の聖ヒラリー(*St. Hilary*)に献納された。この教区には、2つの村が含まれる。それらの名前は、Llanilar Uchaf と Llanilar Isaf である。Uchaf は、「上の」、Isaf は、「下の」の意。

LLANINA

教会は、Ina (Ine, または Ini のラテン語名)に献納された。彼は、ウェストサクソン人達の王(668-726)であった。

LLANLLWCHAIARN

Llwchhaiarn は、7世紀の聖人であった。The Iolo Manuscripts (1848)は、彼に多くの教会を創建した名誉を与えている。それらの中に、この地の教会がある。

因みに、R. Spencer は、上記の聖人について次のように述べている。

ST LLUWCHAIARN, died 7c., Abbot, 11th January. He was probably a native of Wales and a disciple of St Beuno. The first church at Llanllwchaiarn in Powys was founded by him, and possibly also the church of Llanychaiarn near Aberystwyth in Dyfed. (1991, p.53)

LLANLLYR

Llyr Merini は、5世紀末の人で、この地に教会と女子修道院を創建した。

因みに、R. Spencer は、この人物について次のように説明している。

ST LLYR, Llyre, or Lear, died 6c. Hermit, 27th October. Born perhaps in west Wales. He founded a monastery at Llanllyr in Dyfed, and a church at Llanilar south of Aberystwyth. The church of Llanyre in Powys may well be one of his foundations. (1991, p.53)

LLANRHYSTUD

教会は、6世紀の聖人 *Rhystud* に献納された。彼は、Hywel ap Emyr Llydam の子孫。

LLANSANTFFRAID

教会は、Sanffraid に献納された、と一般に考えられている。しかし、T. Morgan は、*St. Ffraid* に奉納された、という説を採る。J. Jones も、彼の説を支持している。(1990, p.31)

St. Ffraid は、アイルランドの名高い聖人で、Bridget, または Bride と呼ばれた。詩歌、学問、治療、そして工芸の守護聖人である。

LLANWENOG

Gildas の息子 *St. Gwenog* が、この教会を創建した、と記録されている。

LLANWNEN

教会は、*St. Gwnen* に献納された、と思われる。

LLECHRYD

Llech「平たい石」+*rhyd*「浅瀬, 流れ」の合成語。この地は、一般に、1087年の Rhys ap Tewdwr と Bleddyn ap Cynfyn の三人の息子達の間の激しい交戦の場として指摘されている。後者は、この戦いで敗北し、息子達の二人は、戦場で殺害された。やがて、息子の一人 Rhiryd を記念して、石碑が、この地に建てられた、と思われる。この地名は、「割れ目が入った岩棚のある川」に由来する、という説もある。

LLWYNDAFFYDD

Llwyn「灌木, 低木」+*Dafydd*「デイヴィッド (David)」。地名は、この地にあった *Dafydd ab Ieuan* の古い家に由来する。彼は、この家でボズワース・フィールド (Bosworth Field) へ向かう途中のリッチモンド伯爵 (The Earl of Richmond) をもてなした。因みに、フランスに亡命していたヘンリー・テューダー (Henry Tudor) は、1485年8月22日、ボズワース・フィールドの戦いでリチャード三世を戦死させ、バラ戦争を終結させた。

MERTHYR CYFLEFYR

Merthyr は、「殉教者」の意。*Cyflefyr* は、Brychan の子孫の名前。彼は、この地で殺害されたと思われる。それ以来、ここは、彼の名前で呼ばれるようになった。

MOCHROS

Moch (*mochyn*「豚」の複数形)+*rhos*「草地, 荒地」。言い伝えによると、*St. Dyfrig* は、三位一体の御名にかけて教会を建てるように、と天使からこの地で忠告された。彼は、白い雌豚が、豚の乳児と横たわっているのをここでよく見た。従って、この地名がある。

MORFA

この地名は、「湿地, 海岸」を意味する。

MYDYREILIN

この地名は、恐らく、*Mudyr* 川の *eilin*「腕」、つまり「分流, 支流」を意味しているであろう。*Penelin* は、「肘」を表すウェールズ語である。川の進路が、この村で鉤形に曲がっているのが分かる。そのため、吊り包帯をしている人を連想させる。*Mydyr* は、*Mudyr*「音を立てない水」の転訛形。*Mydroilyn* が、公式の綴りである。

NANTCWNILLE

Nant「小川」+*Cwnlle*の合成語。後者は、恐らく、5世紀の著名なイギリスの聖人 *Cunllo* の転訛であろう。小川が、教区を横断している。教会は、*Cunllo* に奉納された。

NANTEIRW

Nant「小川, 峡谷」+*eirw-eirwy*「泡立つ瀑布」。*Eirw* は、*aeron*「夏の果物」の転訛形である、という説もある。夏になると、果物が、この小川沿いの土地にたくさん生ったからである。事に

依ると、eirw は、garw「荒い、ざらざらした」の語頭音変化形かもしれない。グラモーガン州の Nant Garw (Nantgarw) を参照。

NEWCHURCH

古名は、*Llanfihangel-y-Creuddyn-Uchaf* であった。現在の地名は、Hafod Uchtryd の Thomas Johns 陸軍大佐が、1803年、この村に新しい教会を建てた、という事実由来する。

PENDDOL

Pen「頂上」+*dol*「草原」の合成語で、「草原の一番高い所」を表す。

PENLLWYN

Pen「頂上、上部」+*llwyn*「灌木、木立」の合成語。

PENRHIWBAL

Pen「頂上」+*rhiw*「斜面、坂」+*bal*「突出、隆起」の合成語。*Bal* は、「尖った山頂を持つ山」に用いられる総称である。

PENRHYLOG

Pen+*rhylog* の合成語。*Rhylog* は、*yr-haleg*「塩気のある場所」の短縮形、とする説がある。しかし、T. Morgan によれば、これは、「裂け目の多い高地」を表す *rhylllog* である。

PENRHYNCOCH

Penrhyn「岬、出鼻」+*coch*「赤い」の合成語。土の色が赤いため、このように呼ばれた。地名に用いられる *coch* は、多くの場合、「太陽によって土地が乾き切った」の意を表す。

PENTREF TALIESIN

Pentref は、「村」の意。*Taliesin* は、6世紀末のウェールズの有名な詩人の名前である。*Tal*「額」+*iesin*「光り輝く」。彼の墓は、この村の近くにある。

PENYBRYN

Pen「頂上」+*y*(定冠詞)+*bryn*「丘」。この地名は、教会が、海を見下ろす丘の頂上に立っていることに由来している。また、この教会は、聖マイケルに献納されているので、教区は、*Llanfihangel Penybryn* と呼ばれることもある。

PENYPARC

Parc は、「囲い地」の意。これは、ウェールズ南部の諸州では、*cae*「(生け垣で囲われた)畑」と同義である。従って、*Penyparc* は、「畑の端」を表す。*Parc* は、ノルマンフランス語起源である。

PONTARFYNACH

この地名は、「*Mynach*川に架けてある橋」を表す。*Mynach*川は、Strata Florida Abbey の、或る修道士の名前に因んで命名された、と思われる。一番下のアーチ形をした石橋は、1087年頃(12世紀とする説もある)、この大修道院の修道士達によって架けられた、と言われている。しかし、

言い伝えによれば、これは、魔王による偉業であった。従って、魔王の橋 (The Devil's Bridge) の名がある。因みに、その言い伝えとは、次の通りである。『或る老女が、逸れた雌牛を捜していたとき、それが、裂けた岩の反対側にいるのを見つけた。すると、魔王が、この悲しむべき場面に現れて、彼女に深く同情した。魔王は、老女のためにその岩の深い割れ目の上に橋を架けてあげよう、と申し出た。但し、魔王が、その橋を渡った最初の生き物を捕まえてもよい、という条件付きであった。一方を救えば、他方は犠牲になる、と考えたけれども、老女は、思い余って彼の申し出に応じた。すると、橋が、即座に出現した。何という苦境であろうか！雌牛は、老女にとって非常に貴重なものであった。しかし、自衛本能は、他のどんな考えにも負けない衝動である。幸いにも、彼女には犬がいた。また、ポケットの中には、一切れのパンが入っていた。犬を犠牲にして、自分自身と雌牛を救おうというすばらしい考えが、彼女の頭に浮かんだ。老女は、パン切れをポケットから取り出して、それを橋の反対側に投げた。犬は、それを取るために、橋を渡り始めた。魔王は、腹立たしげに横目で見て、老女に出し抜かれたかと思うといまじく、尻尾を垂らして、立ち去った。』

この言い伝えに関して、例えば Wales の中では、次のように述べられている。

The name is said to be derived from legend, not unknown elsewhere in Europe. An old woman's cow had strayed across the gorge; a monk appeared, and said he would build a bridge if she promised to give him the first living creature to cross it. She gave her word, the bridge was built, and the monk beckoned her to cross. But she spotted his cloven hoof, called her dog, and threw a crust across. The dog followed, and she told the devil he could keep it. (1989, p.178)

因みに、魔王の橋の上には、別のアーチ橋が、後になって架けられた。現在では、鋼鉄製の橋が、更にその上に架かっている。

PONTERWYD

Pont「橋」+ *erwyd*「棒、手摺り」の合成語。従って、「手摺りのある橋」を表す。

PONTRHYDFENDIGAID

Pont「橋」+ *rhyd*「浅瀬」+ *bendigaid*「神聖な」の合成語。S. R. Meyrick (1783-1848) は、これを *Pentre Rhydfendigaid* と呼んでいる。この地名は、明らかに、修道院時代の名残である。Strata Florida の修道院の高名な修道士達は、川の或る決まった浅瀬を渡るのを常としていたが、そこで聖母マリアの恵みあらんことを祈った。しかし、修道士達が、この浅瀬に架かっている橋を造った、という歴史的証拠はない。この橋は、Ystrad Meurig 学校の創立者である Edward Richard (1714-77) の時代に架けられた、と思われる。その理由は、Gwnws と Caron の両教区で起こった、この橋をめぐる大論争について、彼が、二篇の滑稽な詩の中で述べているからである。

PONTRHYDYGROES

Pont「橋」+ *rhyd*「浅瀬」+ *y* (定冠詞) + *groes-croes*「十字架」。

RHIWARTHEN

Rhiw「斜面、下り坂」+ *Arthen*。Arthen は、804年に亡くなった、ケレディギオン (Ceredigion) 王国の王の名前である、という説がある。しかし、T. Morgan によれば、これは、*garthen*「野営地、戦い」の短縮形である。

RHUDDLAN

Rhudd「赤い」+ *glan*「土手, 神聖な禁域, 教会」の合成語。

RHYDMANTEG

Rhyd「浅瀬」+ *man*「場所, 地点」+ *teg*「美しい」。

RHYD-PENNANT

Pennant は、「小川の端」の意。

SARNAU

この地名は, *sarn*「舗道, 土手道, 人道」の複数形。命名は, この地域の或る沼を横切る舗道の遺跡が, 幾つかあることによる。

STRATA FLORIDA

Strata は、「舗道」の意。ローマ人の *strata* は, サクソン人の *street* になった。*Florida* は, 「花がたくさんある」の意。大修道院は, Mygnach Gorr の娘 Flur に献納された, とする説がある。しかし, その推測は, 歴史的事実によって立証されていない。

J. Morris は, この有名な場所について次のように書いている。

The Cistercian ruins of Ystrad Fflur, Strata Florida, Valley of Flowers, stand in a wilder site still, near the Dyfed village of Pontrhydfendigaid – the Bridge of the Blessed Ford. Once this monastery possessed huge sheep-runs, grew wheat and oats, bred trout and eels in valley pools, caught herring in sea fisheries, produced peat from Cors Goch, ran a lead-mine, several fulling mills. Now it is only an arch or two of masonry and a few foundations embedded in the turf, to which a modern cemetery has been gloomily appended. It can be a cruel raw place on a wet day in winter, when the rain slants down the valley and there is not a living soul to be seen, but for a solitary huddled mourner, perhaps, weeding her husband's grave. (1986, p.95)

これは, 中世のウェールズにおけるウェストミンスター大寺院である。大修道院は, 1184年頃, Rhys ap Gruffydd によって創建された。ウェールズの多くの君主達の遺体が, ここに眠っている, とされる。

因みに, M. Stephens は, Strata Florida について次のように説明している。

The house was first established in 1164 by Robert Fitzstephen on the banks of the river Fflur in the upper reaches of the Teifi Valley, as a daughterhouse of the Cistercian abbey of Whitland. Later, Rhys ap Gruffydd (The Lord Rhys) bestowed his patronage upon it and the abbey was relocated at Ystrad Fflur. (1986, p.564)

SWYDDFFYNON

Swydd は, ここでは, 「司法権, 裁判権」を意味する。昔, Mefenydd という commot (行政区画) の法廷が, この地で開かれた。多分, *Ffynnon oer*「冷泉」と呼ばれる有名な泉の近くであろう。

TALSARN

Tal「終わり, 端」+ *sarn*「道路」の合成語。地名は, この地で終わっていたローマ人道路の枝道に由来する。

TRAETH SAITH

*Traeth*は, 「砂浜, 海岸」の意。*Saith*は, ウェールズ神話で有名な *Seithenyn* を指す, という説があるが, これは, 間違っている。因みに, 彼は, Cardigan Bay に面した *Cantre'r Gwaelod* の堤防の管理人であったが, 酔っぱらって任務が果たせず, 村は冠水した。このため, 君主を除く全ての住民が, 溺死した, という。*Saith*は, ここでは, ラテン語の *sanctus* に由来している。従って, この地名は, 「神聖な海岸」を意味する。

TREFILAN

Tref「家, 町」+ *Ilan* (人名) の合成語。教会は, コンスタンチヌス大帝 (Constantine the Great) の母 *Elen* に献納された。従って, *Ilan*は, *Elen* の母音変化である。

TREFLYN

Tref「場所, 町」+ *llyn*「湖」の合成語。この地名は, *Llyn y maes*「野原の湖」と呼ばれる美しい湖に由来している。言い伝えによれば, この湖は, *Tregaron* が最初にあった場所を覆っている。

TREGARON

Tre「村, 町」+ *Caron* (人名) の合成語。教会は, *Caron* 司教に献納された。この町は, 彼を記念して命名されている。

TREMAEN

Tre「場所, 町」+ *maen*「石」の合成語。従って, 文字どおりの意味は, 「石の町」。この地名は, *Llech yr ast* という有名な板石と, この村の近くにある *cistfaen*「石造りの墓」に因んで付けられた。

TROEDYRAUR

Troed「足, 基底, 下部」。*Troedybryn*は, 「丘の麓」の意。*Piedmont* (米国の「ピードモント平原」の名前) は, 同じ意味を表す。これは, イタリア語の *pie di monte*「山麓」に由来しており, その地理的位置による命名である。*Piemonte* (イタリア北西部の「ピエモンテ州」) を参照。*Yr* (定冠詞)。*Aur*は, 多分, *air*「明るい, はっきりした」の誤綴であろう。語尾が *air* であれば, この地名は, 周囲の地域がよく見渡せる「丘の麓」を意味する。また, *aur*「金」が, 丘の麓で発見されたという言い伝えに因む, とする説もある。教会の古名は, *Tredeyrn*「王の町」であった, と思われる。それは, ケレディギオン王 *Owain ap Hywel Dda* (?-950) が, かつて, この近所に居を占めていた, という推測による。*Llys Owain*「オーウェン (Owen) の宮廷」の遺跡が, 今でも, 教会から約4分の1マイルの所に認められる。従って, *Tredeyrn* が, この村の正しい名前である, と考えたい気にさせられる。

TYNYSWYDD

Ty「家」+ *yn*「〜の中に」+ *y* (定冠詞) + *swydd*「司法権, 裁判権」の合成語。この家は, *Mefenydd*

裁判所の一番端にあった、と思われる。地名は、この家に因んで命名された。

YSBYTTY YSTWYTH

Ysbytty は、ラテン語の *hospitum*、即ち *hospitality*「歓待」とウェールズ語の *ty*「家」の混種語である。このローマカトリック教会の救貧院は、Ystwyth 川沿いの地に建てられた。この川の名前が付加されたのは、Ysbytty Cynfyn や Ysbytty Ystrad Meurig 等と区別するためである。

YSTRAD MEURIG

Ystrad は、「低い平坦な谷間」の意。Meurig は、教会が彼に献納された場所で殺害された、と記録されている。例えば、Iolo Morganwg (Edward Williams) は、彼の *Iolo Manuscripts* の中で次のように述べている。

Meyryg, son of Meirchion was a brave, far-famed king. In his time the Irish Picts came to Cambria; he, however, marched against them, drove them away, or slew them; but was killed by an Irishman concealed in a wood, since called Ystrad Meyryg. (1848, p.352)

YSTUMTUEN

Ystum は、「曲がり、形、姿勢」の意。Tuen は、この地を貫流する川の名前。

(未完)

(注) 次の地名は、E. Davies の *A Gazetteer of Welsh Place-Names* の中には見当たらない。Abercerdin, Abergwrog, Abermaid, Aberpeithnant, Ardudwy, Blaencaron, Blaenhownant, Blaenyporth, Capel y Drindod, Capel Gwndwn, Ceulan, Cilcenin, Croes, Cwm Barre, Dolblodau, Dothi-Camddwr, Felinbedair, Gwenfyl, Henbelin, Llanan-erch, Llandain Fach, Llandegwy, Llanfihangel Castell Gwallter, Llanfihangel Lledrod, Merthyr Cyflefyr, Nanteirw, Penddol, Penllwyn, Penrhylog, Penyparc, Rhiwarthen, Rhyd manteg, Rhyd-Pennant, Treflyn, Tynyswydd
また、カーディガンシャー州ではなくて、他の州の地名として挙げられているものもある。Argoed, Brechfa, Cenarth, Henllys, Llanfair, Mochros, Rhuddlan
なお、図4の地名の綴りに関しては、主として、*Road Atlas of Britain* のものを採用した。

〈参考文献〉

- 1) Bell, B. (ed.) 1989. *Wales*. APA Publications.
- 2) Davies, E. (ed.) 1967. *A Gazetteer of Welsh Place-Names*. Third Edition. The University of Wales Press, Cardiff.
- 3) Davies, J. 1993. *A History of Wales*. Allen Lane.
- 4) Gruffud, H. 1980. *Welsh Names for Children*. Y. Lolfa.
- 5) Ishii (石井淳二). 1992. 「ウェールズの地名(1)」『呉工業高等専門学校研究報告』Vol.28, No.1, 1-19.
- 6) Jones, H. C. 1976. *Place Names in Glamorgan*. The Starling Press Ltd.
- 7) Jones, J. 1990. *Welsh Place Names*. John Jones Publishing Ltd., Clwyd.

- 8) Morgan, T. 1912. *The Place-Names of Wales*. Second and Revised Edition. Newport.
- 9) Morgan, T. J. and Morgan, P. 1985. *Welsh Surnames*. The University of Wales Press, Cardiff.
- 10) Morris, J. 1986. *The Matter of Wales*. Penguin Books.
- 11) Room, A. 1983. *A Concise Dictionary of Modern Place-Names in Great-Britain and Ireland*. OUP.
- 12) Room, A. 1993. *Dictionary of Place-Names in the British Isles*. Bloomsbury Publishing Ltd.
- 13) Sadamatsu (定松正), Toraiwa (虎岩正純), Hirukawa (蛭川久康), Matsumura (松村賢一). (ed.) 1992. 『イギリス文学地名辞典』研究社.
- 14) Saito (齋藤勇), Nishikawa (西川正身), Hirai (平井正穂). (ed.) 1985. 『英米文学辞典』第三版. 研究社.
- 15) Stephens, M. (com, and ed.) 1986. *The Oxford Companion to the Literature of Wales*. OUP.
- 16) Wells, J. C. 1990. *Pronunciation Dictionary*. Longman.
- 17) Yapp, P. (ed.) 1983. *The Travellers' Dictionary of Quotation*. Routledge.
- 18) AA *Illustrated Guide to Britain*. 1974. Drive Publications Ltd.
- 19) *National Geographic Atlas of the World*. 1981. Fifth Edition. National Geographic Society.
- 20) *Road Atlas of Britain*. 1990. Fifth Edition. The Automobile Association.

(平成7年10月16日受付)

低周波アルゴングロー放電の電圧電流特性

(電気工学科) 山 崎 勉

Current-Voltage Characteristics of a Low-Frequency Argon Glow Discharge

Tsutomu YAMAZAKI

Experimental results on the current-voltage characteristics of an ac glow discharge in low pressure argon were presented. Experiments were carried out with coaxially disposed asymmetric electrodes system, of a stainless steel pipe (3/4 inch. Sch. 80 and 150mm in length) and a brass pipe (40.5mm ϕ , 2mm t 75 mm l), and applied voltage form were sine wave, frequency ranging up to 20kHz. Comparing frequency dependence of current-voltage characteristics and spectroscopic properties with those of a dc hollow cathode discharge, low frequency ac discharge were explained by almost the same theory as that for the dc discharge.

Key Words: ac glow discharge, current voltage characteristics, low pressure argon, frequency dependence, asymmetric cylindrical hollow electrodes system.
交流グロー放電, 電流電圧特性, 低気圧アルゴン,
周波数依存性, 非対称中空円筒電極系

§1. まえがき

放電というと直流電源を用いる方式をすぐ思いつく。また放電特性の理論的解析には直流方式を仮定したものが多い。ところで放電を利用した身近な装置として蛍光灯があるが、それは交流放電を利用している。最近では装置の小型化と発光の安定性のため高周波点灯が実用化されている。

低周波の交流放電の諸特性は文献にあまり取り上げられていない⁽¹⁾。その理由は、1MHz以下の低周波の諸特性は直流放電の極性が交互に変わる場合として考えればよいとされているためである⁽²⁾。

今回、周波数20kHzまでの正弦波交流電圧でグロー放電を点灯し、その電圧電流特性の周波数依存性について実験的に検討したのでここに報告する。

§2. 実験装置と方法

実験はこれまで使用してきたホロー陰極放電用の電極を用いた⁽³⁾。内径19.4mm長さ150mmのステンレス鋼管と内径40.5mm長さ75mmの黄銅管を図1（破線で示している）のように同軸に配置しステンレス鋼管の外側はガラス管で覆っている。

測定に用いた電圧は発振器（岩通FG330）出力を電力増幅器（NF4015）で増幅した後、変圧器（サンスイ）で高電圧にして電極間に加えた。図2に示すように、電圧と電流の測定にデジタルマルチメータ（アドバンテストR6441B）を用い、放電に直列に入れた 50Ω の抵抗により電流波形と電圧波形をシンクロスコープ（岩通SS5705）で観測した。各測定器の周波数特性は200kHz位までは保証される。ただし変圧器は50kHz程度まで使用できる。

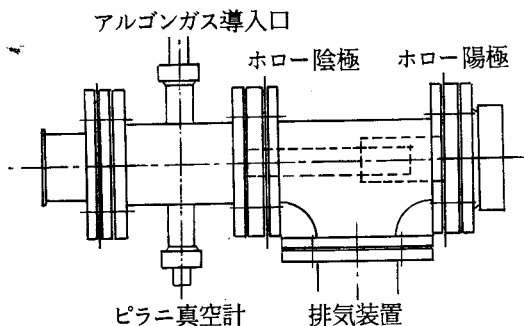


図1 放電装置：破線部分が電極。
左側の観測窓より分光測定を行った。

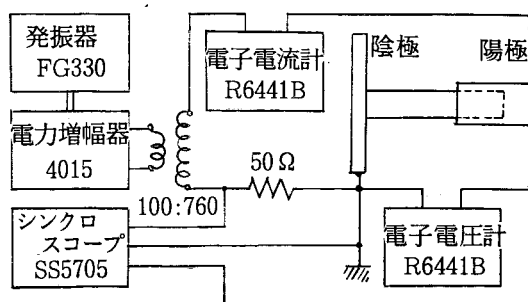


図2 放電用電源と電圧・電流測定用計器の系統

§3. 実験結果とその考察

電圧電流特性の測定結果を図3、図4、図5に示す。動作気体はアルゴンで気圧がそれぞれ18.6Pa, 66.5Pa, 133Paの場合である。交流電圧の周波数をパラメータとしている。いずれも放電電圧の増加に対し放電電流は増加する異常グロー放電の特性を示している¹⁾。電流増加に対する電圧の増加の割合（等価抵抗）は低周波で小さく、周波数が数kHzを越えると少し大きくなっている。また7kHz以上では放電電圧が低く、図の左方に現れている。気圧が大きくなると、放電電圧は低い方に移り、電圧電流特性の電源周波数による違いが小さくなっている。

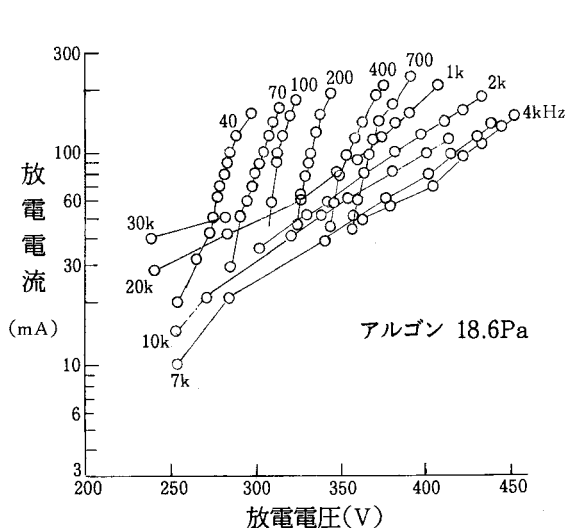


図3 交流放電の電圧電流特性／18.6Paの場合：
図中の数値は周波数。周波数により特性曲線は大きく異なる。

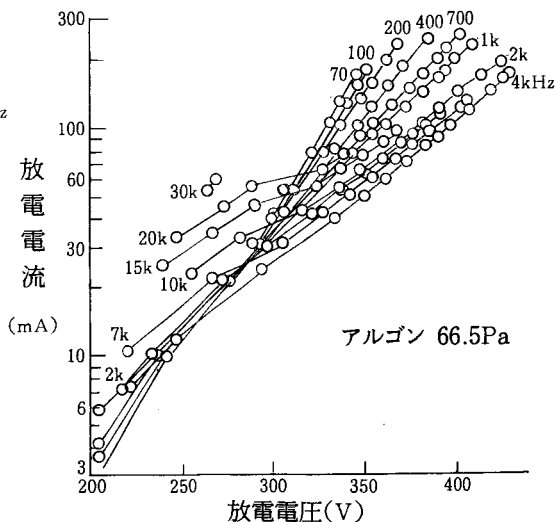


図4 交流放電の電圧電流特性／66.5Paの場合：
図中の数値は周波数。10kHz以下では特性曲線がほぼ一致し、30mA 300Vまで以上では放射状に分布。

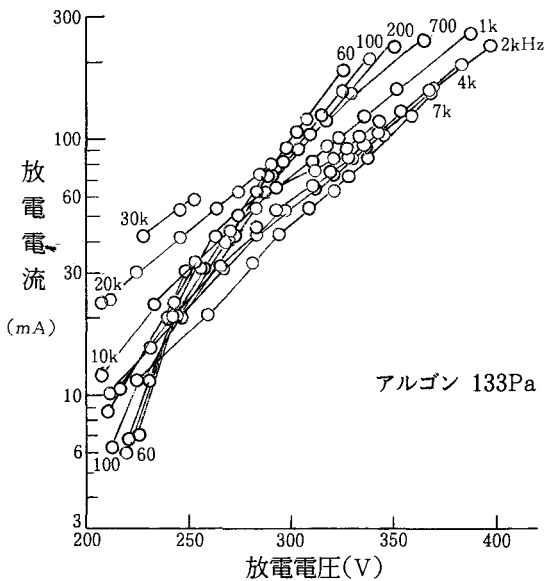


図5 交流放電の電圧電流特性／133Paの場合：
図中の数値は周波数。20kHz以上を除くと、
各曲線よく似ている。

が大きな電流が流れる。その結果、低気圧では測定域が大きな電圧で大きな電流の所から始まっている。

周波数が数kHzの特性が大きくずれた理由は電極系の持つ静電容量の影響が考えられる。測定時の電流波形からも確かめられ周波数の増加により正弦波状の波形になり電圧に対する位相も容量性に変わっていった。そこで気圧を十分低くして放電のない状態として電圧電流比の周波数特性を求めたところ、直線関係が得られた ($I = 2\pi fCV$)。これより静電容量を求めると約971pFであった。そこで、放電のインピーダンスを純抵抗と仮定して放電電流の補正を行った。その結果を図6に示す。これより電圧電流特性は周波数に依らずほぼ一つの曲線上にあることがわかる。図中で黒ぬりの丸印は直流放電の場合を示し、700Hzにはほぼ重なっていた。電流の大きい所で少し分散しているのは測定時の陰極温度の影響である。

放電電流(補正後)をパラメータとして放電電圧の周波数特性を図7, 図8, 図9に示す。電流一定で周波数を大きくすると数kHzまで放電電圧は増加し、その後減少している。気圧が低い方が大きな変化を示し、最大値を示す周波数も大きい方に移っている。放電電流が大きいと最大となる周波数はあまり変化しないが、周波数に対する放電電圧の増加の割合はより大き

ただし、ここで示した電圧電流特性はステンレス鋼管が陰極、黄銅管が陽極となっている場合についてのみとした。これは使用した電極系が非対称なため、逆の極性の場合には殆ど電流が流れていなかったためである。

さて、ここで放電時の波形について簡単に述べると、電源電圧は正弦波である。電極間電圧の値がある大きさを越えると、放電し電極間電圧はほぼ一定になる。放電電流は電源と電極間電圧の差に比例した値でその電流波形が観測された。その大きさは電極の極性により大きく異なっていた。放電開始電圧が気圧と放電管の特性長の積で決まるというパッシュンの法則を適用すると、低気圧では特性長が大きい方で放電しやすい⁽¹⁾。すなわちホロー陰極の直径の大きい方が電流を流し易く容易に放電する。放電電流を増加するには陰極面での γ 作用による二次電子が得やすい方の電極が陰極となる。すなわち内側にあるステンレス電極が陰極の極性の方

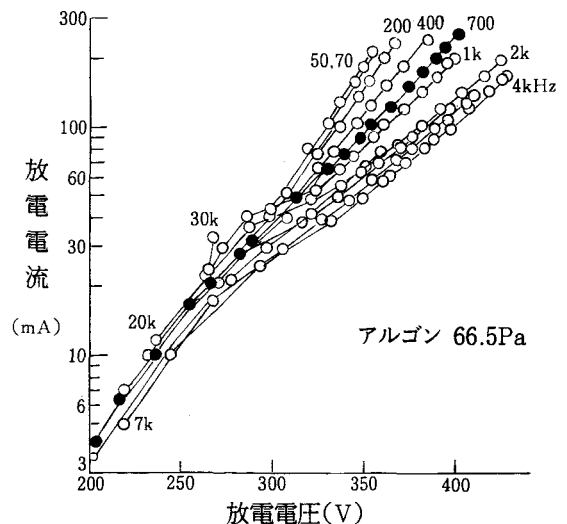


図6 容量性電流分を補正した場合の電圧電流特性：50mA 350Vを越えると放射状に広がっている。それ以下の領域ではほぼ一致している。

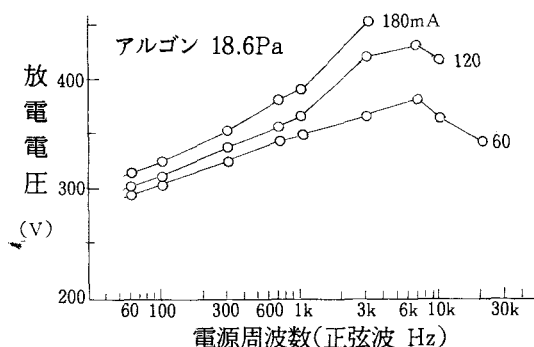


図7 放電電圧の周波数依存特性／18.6Paの場合：周波数の増加により5kHz位までは電圧が増加し、その後減少する。増加の割合は最も大きい。

くなっている。

その他、交流放電のステンレス電極側の発光スペクトルの測定結果は直流放電のホロー陰極の発光強度・スペクトル分布とも同じ特性が得られた⁵⁾。

§4. 結果の吟味

さて、以上の結果の周波数依存性を検討する。間隔 d の電極間に角周波数 $\omega = 2\pi f$ 電圧最大値 V の交流電圧をかけ、空間電荷を無視して考える⁴⁾。電荷 q 質量 M の荷電粒子の運動は電界による力と粒子に働く抵抗力により決定される。荷電粒子の位置は次の式で表される。

$$x(t) = -X \cos(\omega t - \phi),$$

$$\text{振幅 } X = V / (d\omega) / (1/\mu + jM\omega/q)$$

$\tan \phi = \mu M \omega / q$ 。振幅 X が電極間隔より小さければ放電に必要な γ 作用が確保され放電が維持される。 $X < d$ また $\tan \phi$ は低周波では十分小さく、気圧を P とすると

$$V/d < 2\pi f p d / \mu$$

で表される。放電電圧 V は周波数 f に比例する。実験時の電圧波形の観測に依ると、放電開始電圧と維持電圧に差がなかったのでそのまま適用できる。気圧 P が小さい場合には空間内の α 作用による電離数が減少するため放電維持に必要な電圧は高くなると考えられる。 $X = d$ 付近から正イオンが空間電荷として蓄積され γ 作用を強め始めるため放電電圧は低下する。放電電流の増加には α 作用による空間電離の増加と陰極に到達する正イオンの増加による γ 作用の強化が必要で、そのため放電電圧は高くなる。

これらのことから、交流放電には相似則が適用可能で、放電空間は直流の場合と等しいことが判る。今後、周波数のより高い領域で測定する、電極形状を変えた場合の変化等について実験するとともに放電特性の理論解析を行いたい。その中で、イオンや励起分子のような重い粒子は比較的低い周波数から影響を受けるのでこれを利用して重い粒子の放電励起機構における役割を明らかにしたい。

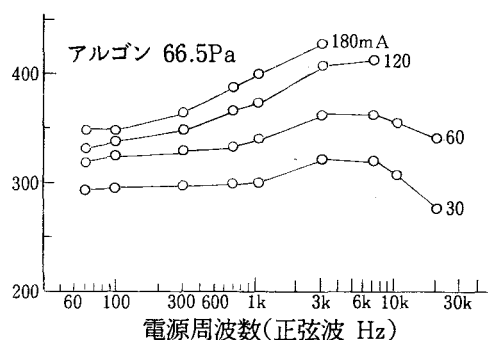


図8 放電電圧の周波数依存特性／66.5Paの場合：周波数の増加とともに電圧は増加する（数kHzまで）放電電流が大きい方が電圧の上がり方は著しい。

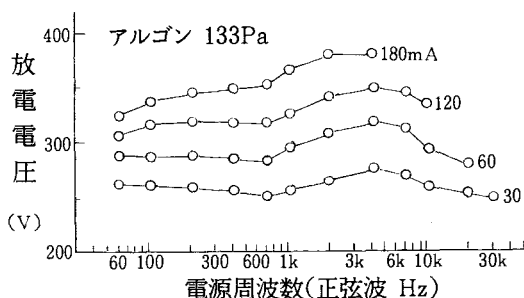


図9 放電電圧の周波数依存特性／133Paの場合：周波数増加により放電電圧は増加するが、その変化量は少ない。放電電流が大きいと電圧が高い方に移動している。

§5. まとめ

20kHz位までの周波数域で正弦交流電圧によるアルゴン低気圧グロー放電の電圧電流特性の測定を行った。使用した電極は非対称で、ステンレス鋼管を陰極とし黄銅管を陽極とした極性の状態について直流と比較した。電圧電流特性は周波数に依らず、直流の特性にほぼ等しい。一定電流値における放電電圧の周波数特性は交流放電の放電開始電圧の理論（相似則）で説明できる。発光特性からも放電開始後の放電空間の状態は直流放電と同じとしてよいことが確かめられた。

参考文献

- (1) 電気学会「放電ハンドブック」電気学会 '78
- (2) R. J. Seebock, W. E. Kohler: J. Appl. Phys. 64(8) '88 pp.3855-3862
- (3) 山崎勉：呉高専研究報告 30(2) '95 pp.45-52
- (4) 玉河元：「実験物理学講座19放電」共立出版'75, 6章
- (5) 稲田亮史, 木原己栄：呉高専卒業研究論文 平成6年度

(平成7年10月16日受付)

不連続面を有する土の強度特性に関する二・三の実験

(土木工学科) 石 井 義 明

Experimental Study on the Strength Property of Discontinuity Surfaces in the Soil Mass

Yoshiharu ISHII

The stability of soil slopes varies with inclination of discontinuity surfaces or number of the surfaces, such as weathered soil on the bed rock and bedding planes within the soil mass.

This paper deals with the influence of the inclination of discontinuity surfaces on the strength property of the soil. Experiments were carried out using compacted or reconsolidated soils mixed with silty clay and sand. Discontinuity planes of specimen were cut by the wire saw.

Main results are as follows:

- (1) When soil mass contains discontinuity surfaces, the strength is gradually decreased in proportion to the increasing inclination angle.
- (2) Increasing of number of discontinuity surface are gradually decreased the strength to some limits.

Key Words: discontinuity surfaces, inclination, strength property,
土塊内, 不連続面, 傾斜, 強度特性

§1 まえがき

自然地盤は風化した表土層と基盤層との境界が強度的に一種の不連続面をなしており、また斜面を形成する堆積地盤では乾燥時に地層の境界面に沿って割れ目を生じたり、単層内でも葉理面に沿った割れ目を生じ一種の不連続面を形成している。これは強度の面からして一つの弱点であり土砂崩壊の一因となっている。例えば、呉市における昭和42年7月豪雨災害では¹⁾崩壊箇所の土層の厚さは100cm以下の所が90%、40cm以下の所が50%で、ほとんどが風化表層土が風化の遅れている基盤層上を滑り崩壊している。これは表層部と基盤部の境界が強度的に不連続面をなしているためと考えられる。

一方、砂礫や砂質シルト、礫などが互層をなす未固結の西條湖成層の乾燥した切土斜面では地層境界面や葉理面に沿った割れ目を生じている事があり、これも一つの不連続面で力学的な弱点であるため切土斜面崩壊の一因となる。

以上のような不連続面を有する地盤は多くあるため、斜面の設計、施工においてはそれが強度に及ぼす影響を知る必要がある。しかし、不連続面を有する供試体の作成の困難さ、不連続体に対する理

論的な取り扱いの困難さなどのため、これらに関する研究データは意外に少ない。そこで不連続面を有する地盤の強度特性を知るため、室内で作成した円筒供試体にワイヤーソーにより切断面を入れ、これを不連続面とみなし、非排水三軸圧縮試験を行い強度特性を調べた。一方、不連続面が粘土化し一種の薄層を挟んだような場合もあるため、切断面に砂などの薄層を挟んだ場合の強度特性についても非排水三軸圧縮試験を行い調べた。

§2 用いた試料ならびに実験方法

試料はまさ土やシルト質な土からなる西条湖成層など実際現場の土に似せるため、2mmのふるいを通した室内乾燥砂と乾燥粉末粘土を混合し使用した。混合の割合は質量比を1:1とし、所定の含水比(16.5%~20.5%)となるよう水量を調整した。土の強さは不飽和土と飽和土ではサクシヨンの影響に大きく左右される。このため不飽和土と飽和土の両者を準備した。不飽和土の供試体はCBR試験用モールドに試料を2層に分けて入れ、締固め試験用のランマー(重量2.5kg)で一層当たり60回の割合で突き固めた。なお試料の土粒子密度は平均 $2.569\text{g}/\text{cm}^3$ 、液性限界25.4%、塑性限界15.4%であった。

直径5cm、高さ10cmの円筒状に成形した供試体に図1(a)のように水平、傾斜、垂直な方向の切断面をワイヤーソーで挿入した。不連続面が砂や粘土などの薄層を挟んだ場合の供試体は、所定の角度に切断後マイターボックスの上に置き、図1(b)のように厚さ5mmあるいは10mmの薄層となるよう、砂あるいは粘土、礫などを填充した。砂は填充しやすいように少し湿らせたものを用いた。礫は2~5mmのふるいに残留したものを厚さ5~10mmの薄層となるように填充した。

一方、飽和土については上述の質量比で乾燥砂と乾燥粉末粘土を混合、所定の含水比に調整し、これを大型圧密リングに入れ、 $P=1.2\sim 1.6\text{kgf}/\text{cm}^2$ の圧密荷重を載荷した。24時間後に取り出した試料を不飽和供試体の作成と同様にした。すなわち、直径5cm、高さ10cmの円筒状に成形後、図1(a)のような切断面を挿入した。ただし切断面、薄層の挿入や供試体のセット時には幾分か空気が入り不飽和となるが、これは無視し、飽和土として取り扱った。

せん断試験は非排水三軸圧縮試験を有効側圧1.0, 1.5, 2.0, $3.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ のもとで行ったが、試料作成時の圧密荷重($1.2\sim 1.6\text{kgf}/\text{cm}^2$)の関係から、結果の整理は側圧 $\sigma_3=2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ の正規状態のものについて整理した。

§3 実験結果と考察

3.1 不飽和土を用いた結果

自然傾斜や切土斜面の表層は乾湿の繰り返しや切土に伴う上載応力の解放によって、割れ目の発生など不連続面を有するようになり強度が低下する。特に表層部の風化、膨張による密度の減少は表層部と基盤部との境界に沿って不連続面を生ずる。また切土された堆積地盤の場合は乾燥時に層界面に沿った割れ目を生じやすい。このような不連続面を想定し、図1(a)のように供試体に切断面を入れ、不飽和土の切断面の傾きと破壊時の軸差応力の関係を調べた結果は図2のようである。ただし非排水せん断を行ったため縦軸に軸差応力の $\frac{1}{2}$ を用いた。このため、以降の結果の強さはすべて軸差応力の

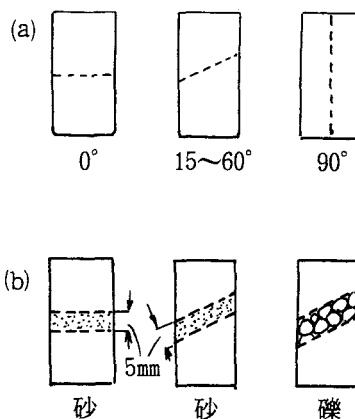


図1 供試体の切断方向と薄層

$\frac{1}{2}$ を用いる。

切断面の傾斜角は 0° , 30° , 90° の3種とし、 60° のものは成形が困難なため実施しなかった。含水比は16.5~17.5%の低含水比と、19.0~20.5%の高含水比の場合に分け調べた。両者とも 30° の切断面を有する場合が最も低く、 0° と 90° の切断面の場合はほとんど差は見られない。また、この傾向は低含水比のほうがやや明瞭である。これは含水比が低いほど見掛け粘着力が小さいため不連続面の影響を受けやすいと考えられる。不連続面の影響について八木²⁾らは不攪乱まき土を用い、節理面が強度に及ぼす影響を調べている。それによると、破壊時に生ずるすべり面が切断面に沿っていなければ、せん断強度は節理面のない供試体の強さと同程度になるとしている。従って本実験でも、切断角が 0° , 90° は破壊時のすべり面と平行でないため、切断面のない供試体と同程度の強さになったものと考えられる。

一方、不飽和土はサクシオンによる内力を有しているが、含水量の増大とともにサクシオンは解放され有効応力は減少する。このため不飽和土の強度を問題とする場合は、含水比に重要な意味がある。そこで含水比が強度に及ぼす影響を調べた結果が図3である。なお、データの数が少ないため、切断面を有する土の強さも入れてプロットした。

図は含水比の増大とともに強度は急減しているが、19%以上では漸減し、そのばらつきも低含水比の結果($w=16.5\sim17.5\%$)より小さい。一方、低含水比の強度は $0.97\sim1.15\text{kgf/cm}^2$ の範囲にあり、不連続面の存在が強度に対し敏感に影響する事が分かる。従って低含水比の不飽和土から成る斜面では特に降雨浸透による強度減少が急激で土砂崩壊を生じやすい。これは不飽和土を用いサクシオンの挙動を実験的に調べた軽部³⁾らの研究にも見られ、含水比の増大とともにサクシオンによる粒子間力を取り除かれ、土は外部応力と平衡すべくコプラスすると説明している。したがって図3の場合、含水比が17~19%まではコプラスによる強度の急激な減少を生じ、19%以上では飽和度が100%近くになりサクシオンによる粒子間力が無くなったため強度が漸減したと考えられる。

水平切断面の数の増大が強度に及ぼす影響についての実験数は少ないが、不飽和土を用い得られた結果は図4である。切断面数は少ないが、切断面数の増大とともに、強度はわずかずつ低下する傾向がみられる。切断面の無い場合に比し、切断面数2で強度は約10%減少している。一方、低含水比のものより高含水比で実施したもののほうが、ばらつきは小さいが、強度低下率も小さく、その傾向は

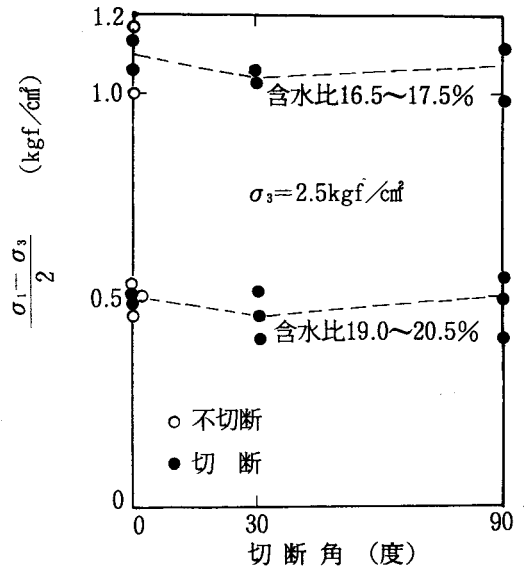


図2 不飽和土の切断角と強さの関係

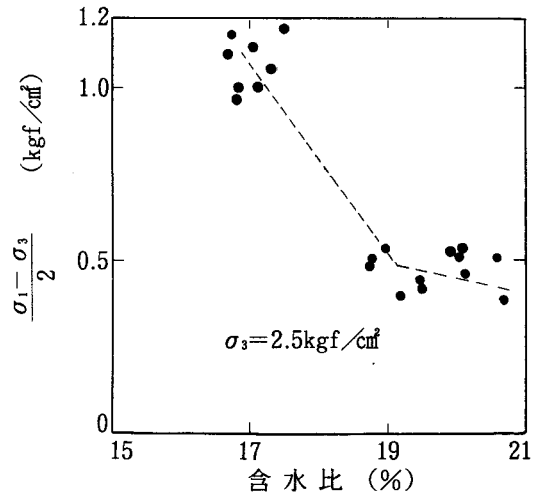


図3 不飽和土の含水比と強さの関係

明瞭でない。切断面数の増大による影響より、含水比の差による影響のほうが大きい。

今実験のように不飽和土を用いた試験は、含水比と飽和度の影響が大きいので、使用土の飽和度 S_r と含水比 w の関係をみると図5のようである。低含水比の供試体の S_r は60~70%の範囲にあるから、

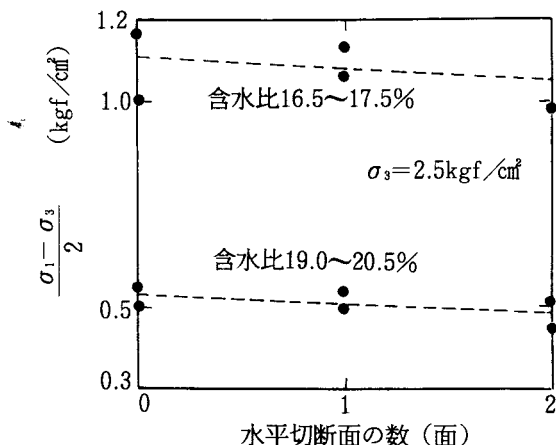


図4 不飽和土の水平切断面の増加と強さの関係

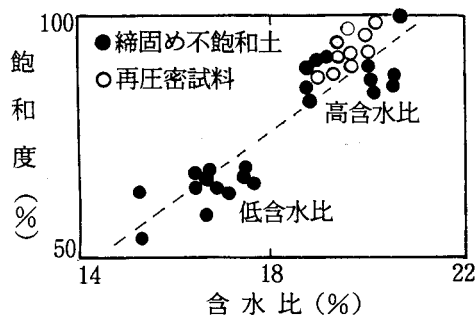


図5 供試体の飽和度と含水比の関係

強さに及ぼすサクシヨンの影響が大きく、一方、高含水比の供試体の S_r は80~100%の範囲にあるから、強さに及ぼすサクシヨンの影響は比較的小さかったと推定される。参考のため、再圧密土の結果もプロットしたが、 S_r は85~100%の範囲にある。図より、不飽和土地盤を対象とする工事の設計、施工に必要な値を求める際は、不連続面の存在の影響が大きいので、試料を十分飽和後、力学試験を実施する事が重要といえる。

3.2 飽和土を用いた結果

飽和度が強さに及ぼす影響を取り除くため、砂と粘性土を混合した試料を圧密し用いた。そして、前述3.1と同様に不連続面の存在が強度特性に与える影響を調べ、得られた切断傾斜角と破壊時の軸差応力の関係を示すと図6のようであった。ただし、切断面は前述3.1と同様にワイヤーソーにより挿入した。この際、切断面へ空気が幾分か入るがこれを無視し、図5と含水比の関係から $S_r=90\sim100\%$ の供試体とみなした。

図は切断面の傾角の増大とともに強度が低下し、 60° で最も低く、切断面を有さない供試体の平均強さより約20%低い。実線は供試体作成段階の圧密降伏応力が 1.6kgf/cm^2 に対するもの、破線は圧密降伏応力 1.2kgf/cm^2

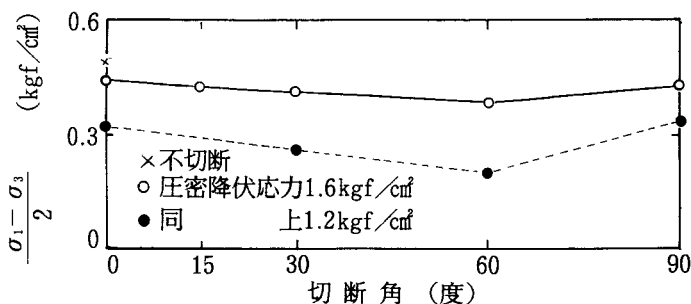


図6 供試体の切断面の角度と強度の関係

に対する結果で、ともに似た傾向を示している。従って圧密降伏応力はこれらの関係とは無関係といえる。また、八木⁴⁾らが不飽和まさ土について指摘するように、破壊時のすべり面と切断傾斜面が平行でない場合 ($\alpha=0^\circ$ あるいは 90°) は、切断されない供試体の強さとほぼ同じくらいになる。つまり切断の影響は比較的小さいといえる。

次に、堆積地盤に切土による斜面を建設すると、乾燥とともに多くの割れ目が層理面に沿ってみられ

る。このような水平方向の不連続面の影響をみるため、水平切断面の数を変えて得られた結果が図7である。

圧密降伏応力が 1.6 kgf/cm^2 の場合は切断面の数が増大すると強度は幾分か減少し、3以上ではほぼ一定値に近づいている。これは切断面の増加が供試体を攪乱し、一種残留強度に類似な状態を生じるためではないかと考えられる。

次に堆積地盤の不整合面などには砂礫を挟む場合が多く、また、まさ土斜面の表層土と基盤層の境界に礫や玉石など未風化の材料を挟み複雑な地層を形成している場合を想定した時の強度特性についても調べた。供試体は図1(b)に示したように、ワイヤーソーで切断後、湿砂あるいは $2 \sim 5 \text{ mm}$ のふるいに残留する礫を所定の厚さとなるよう填充し作成した。填充砂礫のせん断抵抗角を一面せん断試験機により調べた結果は、砂は $\phi' = 29.5^\circ$ 、礫は $\phi' = 62.5^\circ$ であった。間げき比、密度等は測定しなかった。得られた切断傾斜角と軸差応力の関係は図8のようである。

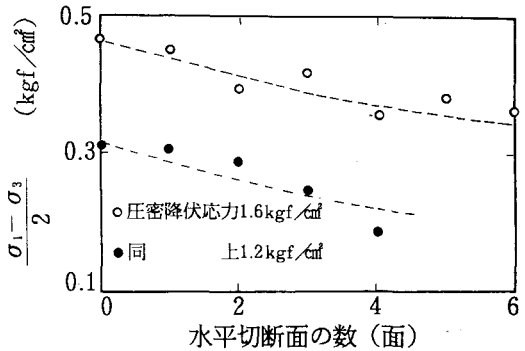


図7 飽和土の水平切断面の増加と強さの関係

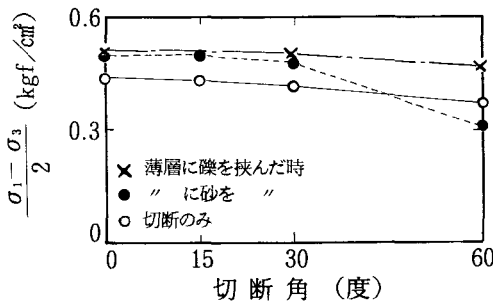


図8 薄層挿入材料と強さの関係

として効果的な事が分かる。

砂や礫を挿入し強度を増加させる場合、砂や礫の層の厚さも影響する。このため砂を用い、厚さを種々変え軸差応力との関係を示すと図9のようである。側圧の $\sigma_3 = 1.5, 2.0, 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ の3つの場合についてプロットしたが、厚さの増加とともに強度も増加しているが、データのばらつきも大きくなっている。厚さが増大することは、供試体の切断面に挟まれた材料に変わっていくことであり、供試体強さは挿入材料の強さに近づくものと考えられる。しかし、挿入する材料の粒径、密度、間げき比など種々の要素に大きく影響されるため、今後さらにデータを集積してから詳しく考察したい。

切断面は一種の供試体の攪乱であるから、切断面の増大は強度の低下とともに変形特性について

切断傾斜角 0° の場合は砂と礫の間の強さに差はみられないが、単に切断しただけの場合に比し強さは約20%大きい。この傾向は 30° の場合もほぼ同様であるが、 60° の場合は供試体の作成が困難なため結果はばらついている。しかし、礫を挟んだ場合は、単に切断したままの場合の約20%軸差応力が大きい。切断角 90° で砂礫を挟んだ供試体は作成が困難なため試験を実施しなかった。以上この図より、不整合面に存在する砂礫は強度を増加させる事は当然であるが、表層土と基盤層との境が一つの弱面になっている場合は、ここに礫や玉石などを挿入する事により土砂崩れ防止の一つ

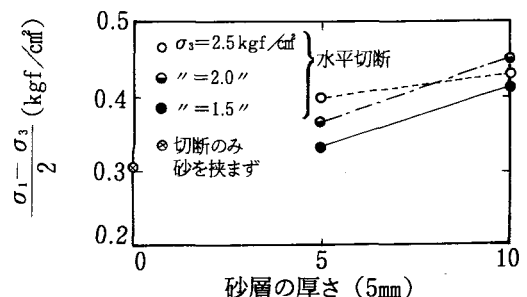


図9 切断面に挟んだ砂層の厚さの影響

も影響があると考えられる。そこで水平方向の切断面を挿入した場合の変形係数 E_{50} と切断面の数の関係を見ると図10のようである。切断面の増大とともに E_{50} は減少しており、切断面の増加によって供試体に攪乱が進むと考えられ、鋭敏比の逆数倍まで低下すると推定される。しかし、これに類する研究を砂を用いて徳江⁹⁾が行い、層数の増加とともに応力ひずみ曲線は鋭く、せん断強度のピークが出やすいという本研究とは逆の結果を得ている。実験方法に多少の相違はあるが、今後確かめ、別の機会に考察したい。

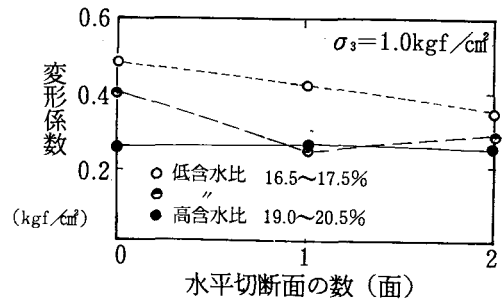


図10 不飽和土の変形係数

§4 結論

表層土と基盤層の境界は不連続面をなし、堆積地盤の層理面が露出し斜面を形成していると、乾燥時に層理に沿った割れ目が生じ一種の不連続面を形成する事になる。このような不連続面は一つの弱点であり斜面崩壊の一因となる事もある。このため不連続面が土の強度特性に及ぼす影響を調べるため室内で作成した供試体に切断面を入れ実験を行い、得られた主な結果をまとめると以下のようである。

- (1) 切断角が破壊時のすべり面と平行でない場合 (0° , 90°) は切断面を有しない供試体の強さと同程度で、不連続面の影響は小さい。
- (2) 含水比の低い土ほど不連続面の存在に対し敏感である。これは含水比が低いほどサクシオンによる粒子間力が大きいと考えられる。
- (3) 含水比が高くなるほど切断による不連続面の影響は小さくなる。
- (4) 水平切断面の増加とともに強度も低下するが、ある数以上の切断面になると減少せず一定値に近づく。
- (5) 切断面に砂あるいは礫を挟むと強度は増加する。このため土砂崩れ対策の一つとして不連続面、あるいは弱層面に礫や栗石など挿入すると効果的である。

以上のような結果を得たが、さらにデータの集積をし、くわしく考察したい。

最後に実験を手伝ってくれた平成4年度卒業生の大段奉文、榎藤和典、平成5年度卒業生の岡田和幸、奥本哲司、平成6年度卒業生の深田浩昭君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 網干他：昭和42年7月豪雨による呉市災害の調査速報。文部省災害科学中国地区班，(1967) P.89.
- 2) 八木則男他：不攪乱まさ土のせん断特性と微視的考察。土木学会論文報告集，No.364，1985，P.133~141.
- 3) 軽部大蔵他：不飽和土の力学的性質に関する基礎的研究。土木学会論文報告集，No.269，1978，P.105~119.
- 4) 上掲 2)，
- 5) 徳江俊秀他：傾斜互層砂供試体による間げき比不均一性・異方性の影響の検討，第50回土木学会年次学術講演会，Ⅲ-153，1995，P.306~307.

(平成7年10月16日受付)

編 集 委 員

石	嶋	篤	司
田	邊	達	雄
深	澤	謙	次
黒	木	太	司
山	口	隆	司
門	前	勝	明

呉工業高等専門学校
研 究 報 告

第31巻 第2号 (1996)

(通巻 第57号)

平成8年2月 印刷

平成8年2月 発行

編集者 呉工業高等専門学校
発行者

〒737 呉市阿賀南2丁目2-11

電話 (0823) 73-8406

印刷所 総合印刷 青木印刷所

〒729-25 広島県豊田郡安浦町内海1581

電話 (0823) 84-2104

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 31, No. 2 (Consecutive No. 57)
February, 8th Year of Heisei (1996)

CONTENTS

1. On the Introduction of Decomposition into Partial Fractions Shozo OKANAKA	1
2. On the Multiplicative Exponent of a Finite Homotopy Associative H-space Etuo SAKO	11
3. A New English Teaching Trial in the Age of Multi-Media — In the Case of English Class by CAI — Tatsuo TANABE	15
4. Place-Names in Wales (4)	Junji ISHII 27
5. Current-Voltage Characteristics of a Low-Frequency Argon Glow Discharge Tsutomu YAMAZAKI	47
6. Experimental Study on the Strength Property of Discontinuity Surfaces in the Soil Mass	Yoshiharu ISHII 53