

## Rank 1 半単純 Lie 群上の Paley-Wiener 型の定理

慶応大. I. 河添 健

Rank 1 半単純 Lie 群  $G$  上の Paley-Wiener 型の定理を考える。まず  $G$  の compact な台を持つ関数の Fourier 変換による像の特徴づけを行おう。以下の方法は O. Campoli [1] の方法と同様だが、これを Harish-Chandra [5] において得られた Plancherel 公式及び Eisenstein 積分等を用いて、書き直す事により、結果の見通しを良くする。

### 1. 記号

$G$  を有限中心を持つ連結半単純 Lie 群とする。今の所、 $G$  の実 rank は任意とする。  $K$  をその最大 compact 部分群とし、 $\theta$  をこの  $K$  から誘導される Cartan involution とする。  $G = K A_0 N_0$  を  $G$  の岩沢分解とする。以下、Lie 環はドイツ小文字で表わし、 $( )_c, ( )^*$  での複素化 及び 双対空間を表わす事とする。

$\tau = (\tau_1, \tau_2)$  を  $K$  の unitary な  $V$  上での double 表現とする。ここで  $V$  は有限次元な Hilbert 空間であり、その内積を  $(,)$  で表わす。この時、 $G$  上の  $V$  値急減少関数からなる Schwartz space  $\mathcal{C}(G, V)$  及び その  $\tau$ -spherical な要素, 可なり

$$(1.1) \quad f(k_1 x k_2) = \tau_1(k_1) f(x) \tau_2(k_2) \quad (k_1, k_2 \in K, x \in G)$$

を満たす要素全体からなる部分空間  $\mathcal{C}(G, \tau)$  が いつもの様に定義される。また  $\mathcal{C}_0(G, \tau)$  を cusp forms の全体とする。以上の詳しい議論は Harish-Chandra [3] を参照されたい。  $P = MAN$  を  $G$  の parabolic subgroup (psgp.) 及び その Langlands 分解とする。この時、この  $M$  に対しても  $\mathcal{C}(M, V)$ ,  $\mathcal{C}(M, \tau_M)$ ,  $\mathcal{C}_0(M, \tau_M)$  が同様に定義される。ここで  $\tau_M$  は  $\tau$  の  $K \cap M$  への制限である。また  $(G, A)$  に関する Weyl 群を  $W_A$  とし、 $\sigma_A^*$  を簡単のため  $\sigma_A$  と書く事がある。

Lie 群  $L$  に対し、 $\mathcal{C}(L)$ ,  $\mathcal{C}_2(L)$  をその既約な unitary 表現の同値類の全体、及び その中の二乗可積分な表現に対応するものの全体とする。

## 2. $\mathcal{C}(G, \tau)$ の分解

この章では  $\mathcal{C}(G, \tau)$  を  $G$  の Cartan 部分群の共役類に従って分解する事を考へる。詳しい証明は Harish-Chandra

[5] を参照されたい。また  $P_1, P_2, \dots, P_r$  は  $\theta$ -不変な  $G$  の Cartan 部分群で、そのどの二つも  $G$  の元で共役でない最大なものとする。各  $i$  ( $1 \leq i \leq r$ ) に対し、 $A_i$  は  $P_i$  の vector part,  $P_i = M_i A_i N_i$  と  $A_i$  は split component にもつ  $G$  の psgp. とする。この時  $N_i$  は適当に定めよ。今  $\mathcal{C}(G, \mathbb{C})$  の部分空間  $\mathcal{C}_{A_i}(G, \mathbb{C})$  を次の様存条件を満たす  $\mathcal{C}(G, \mathbb{C})$  の元  $f$  の全体とする。

split component が  $A_i$  と  $K$  の元で共役でない任意の  $G$  の psgp.  $Q = MAN$  に対し、 $f^Q \sim 0$  とする。ただし、 $\int_N f^Q = 0$

$$(2.1) \quad f^Q(ma) = \int_N f(man) dn \quad (m \in M, a \in A)$$

であり、 $f^Q \sim 0$  とは次の条件を満たす事である。

$$(2.2) \quad \int_M (\phi(m), f^Q(ma)) dm = 0 \quad (\forall \phi \in \mathcal{C}(M, \mathbb{C}))$$

$\forall a \in A$ )。この様に  $\mathcal{C}_{A_i}(G, \mathbb{C})$  を定義すれば、この空間は  $\mathcal{C}(G, \mathbb{C})$  の閉部分空間となり、かつ  $\mathcal{C}(G, \mathbb{C})$  は次の様に分解される。

$$(2.3) \quad \mathcal{C}(G, \mathbb{C}) = \mathcal{C}_{A_1}(G, \mathbb{C}) \oplus \mathcal{C}_{A_2}(G, \mathbb{C}) \oplus \dots \oplus \mathcal{C}_{A_r}(G, \mathbb{C})$$

ここで  $A_i = \{1\}$  の時、すなわち  $P_i$  が compact Cartan 部分群となる時、 $\mathcal{C}_{A_i}(G, \mathbb{C})$  は  $\mathcal{C}(G, \mathbb{C})$  と一致する事に注意しておく。

### 3. Fourier 変換

$P_i = M_i A_i N_i$  ( $1 \leq i \leq r$ ) を一つ固定し, 以下  $P = M A N$  と書く事にある。この章では2章で定義した空間  $(A, \mathcal{G}, \mathcal{Z})$  上で Fourier 変換を定義し, その逆変換等も求める。以下簡単のため  $W_A, \mathcal{F}_A$  を  $W, \mathcal{F}$  と書く事にある。また  $A$  が  $\theta$ -不変な Cartan 部分群の vector part である事から  $\mathcal{E}_2(M) \neq \emptyset$  とする事に注意ある。  $L = \mathcal{C}(M, \mathcal{M})$  とすれば, 良く知られている様に  $L$  は有限次元であり,  $L = \sum_{\omega \in \mathcal{E}_2(M)} L(\omega)$  と直和分解される。ただし  $L(\omega) = L \cap (\mathcal{Y}_\omega \otimes V)$  であり,  $\mathcal{Y}_\omega$  は  $\omega$  の matrix coefficients で張られる  $L^2(M)$  の中の 最小の閉部分空間である。今, この直和分解を次の様に書く事にある。

$$(3.1) \quad L = \sum_{j=1}^m \sum_{s \in W - W(\omega_j)} L(s\omega_j)$$

ただし,  $W(\omega_j) = \{ s \in W; s\omega_j = \omega_j \}$  ( $1 \leq j \leq m$ ) であり

$s\omega_j$  は  $s$  の  $k$  位の代表元を  $k_s$ ,  $\omega$  の元を  $\pi_\omega$  とした時

$\pi_\omega(k_s^{-1} m k_s)$  ( $m \in M$ ) で定義される  $M$  の表現の同値類である。

そこで  $L(\omega_j)$  ( $1 \leq j \leq m$ ) の正規直交基底を

$$(3.2) \quad \{ \phi_i^j; 1 \leq i \leq n_j = \dim L(\omega_j) \}$$

とする。また  $f \in \mathcal{C}_A(\mathcal{G}, \mathcal{Z})$ ,  $\phi \in L$ ,  $v \in \mathcal{F}$  に対し

$$(3.3) \quad \hat{f}(\phi, v) = (c, r)^{-1} (f, E(p: \phi: v: \cdot))$$

と定義する。ここで  $c, r$  は  $P$  に従属して定まる定数

であり, Harish-Chandra [5] §2, §11 と同じ意味である。  
 この時,  $\phi$  も固定すれば  $\hat{f}(\phi, \nu)$  は  $\nu$  について, 普通の意味での急減少関数となる事に注意する。 あるいは  $\mathcal{F}$  上の急減少関数からなる空間  $\mathcal{C}(\mathcal{F})$  の元とする。

以上の準備のもとで,  $\mathcal{C}_A(\mathcal{F}, \mathbb{C})$  上の Fourier 変換  $E_A$  を次の様に定義する。

$$(3.4) \quad \begin{aligned} E_A(f) &= (\hat{f}(\phi_i^j, \nu) ; 1 \leq i \leq n_j, 1 \leq j \leq m) \\ &= (\hat{f}(\phi_1^1, \nu), \dots, \hat{f}(\phi_{n_1}^1, \nu), \hat{f}(\phi_1^2, \nu), \dots, \hat{f}(\phi_{n_2}^2, \nu) \\ &\quad, \dots, \hat{f}(\phi_1^m, \nu), \dots, \hat{f}(\phi_{n_m}^m, \nu)) \end{aligned}$$

( $f \in \mathcal{C}_A(\mathcal{F}, \mathbb{C})$ ,  $\nu \in \mathcal{F}$ )。 二二  $n = n_A = \sum_{j=1}^m n_j$  と定義すれば, 明らかに  $E_A(f)$  は  $\mathcal{C}(\mathcal{F})^n$  の元である。

次に, この Fourier 変換の像となる空間  $\mathcal{C}(\mathcal{F})_*$  を定義する。  $\mathcal{C}(\mathcal{F})^n$  の元  $\alpha$  に対して, その  $n$  個の成分を  $n_1, n_2, \dots, n_m$  個づつ区切った形を考える。 あるいは

$$(3.5) \quad \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) \quad (\alpha_j \in \mathcal{C}(\mathcal{F})^{n_j} (1 \leq j \leq m))$$

と書ける事に注意する。 この時  $\mathcal{C}(\mathcal{F})^n$  の部分空間  $\mathcal{C}(\mathcal{F})_*^n$  を次の様な条件を満たす  $\mathcal{C}(\mathcal{F})^n$  の元  $\alpha$  の全体とする。

$\alpha$  を (3.5) の様に書いた時, 各  $j$  ( $1 \leq j \leq m$ ) に対して

$$(3.6) \quad \alpha_j(s\nu)^t = \overline{\circ_{\text{PIP}}(s: s^{-1}\nu)} \alpha_j(\nu)^t$$

( $s \in W(\omega_j)$ ,  $\nu \in \mathcal{F}$ ) を満たす。

二二  $\alpha_j(\nu)^t$  は  $n_j$  次元 vector  $\alpha_j(\nu)$  の転置を表わす。

また  $\mathcal{C}_{PIP}(s: s^{-1}v)$  は  $L(\omega_j)$  から  $L(s\omega_j)$  上への unitary 作用素であり (定義は Harish-Chandra [5] P152 を参照) 今,  $\omega \in (3.2)$  の基底に従って行列を形成している。—— はその複素共役を意味する。

以上の様にして 写像  $E_A$ , 空間  $\mathcal{C}(F)_*$  を定義した時, 次の定理が成立する。

定理 1. 写像  $E_A$  は  $\mathcal{C}_A(\mathcal{G}, \mathcal{Z})$  から  $\mathcal{C}(F)_*$  上への位相同型を与え,  $\mathcal{C}_A(\mathcal{G}, \mathcal{Z})$  の元  $f$  に対し, その逆変換は次の形と与えられる。

$$(3.7) \quad f(x) = \sum_{j=1}^m |W(\omega_j)|^{-1} \sum_{i=1}^{n_j} \int_F \mu(\omega_j, v) \times E(P: \phi_i^j: v: x) \hat{f}(\phi_i^j, v) dv$$

ただし,  $|W(\omega)|$  は  $W(\omega)$  の要素の個数であり,  $dv$  は  $F$  上の Euclidean 測度である。  $\mu(\omega, v)$  については Harish-Chandra [5] §13 を参照。

証明: 単射と存する事は次の様にして容易に示される。

$\mathcal{C}_A(\mathcal{G}, \mathcal{Z})$  の元  $f$  に対して  $E_A(f) = 0 \Rightarrow (f, E(P: \phi: v: \cdot)) = 0$   
 $\forall \phi \in L \Leftrightarrow f^P \sim 0 \Rightarrow f$  が  $\mathcal{C}_A(\mathcal{G}, \mathcal{Z})$  の元である事から  
 $\mathcal{G}$  の任意の psgp.  $Q$  に対して  $f^Q \sim 0 \Rightarrow f = 0$  (cf. Harish-Chandra [3] Lemma 20.1) 。 また全射と存する事

は  $\alpha \in \mathcal{L}(\mathcal{F})_*$  に対して (3.7) の  $\mathcal{F}(\Phi, \nu)$  の部分を  $\alpha$  の成分で置き換える事により,  $G$  上の関数を定義し, それを實際に  $E_A$  で写す事によって示される。この時定義される  $G$  上の関数が  $\mathcal{L}_A(G, \mathcal{Z})$  の元となる事, 及び, 写像  $E_A, E_A^{-1}$  の連続性に関して, Harish-Chandra [4], [5] において, 調べられている。この様にして定理 1 は証明される。

(注意 1)  $A$  と  $A_k$  ( $1 \leq k \leq r$ ) が  $K$  の元で共役でなければ  $\mathcal{L}_{A_k}(G, \mathcal{Z})$  の元  $f$  に対し  $E_A(f) = 0$  となる事が容易に示される。よって  $\mathcal{L}(G, \mathcal{Z})$  の分解 (2.3) に注意すれば, 写像  $E_A$  は  $\mathcal{L}(G, \mathcal{Z})$  全体に拡張される事ができる。以下, この拡張したものを同じ  $E_A$  で表わす事とする。

(注意 2)  $n_{A_i}$  を  $n_i$ ,  $\mathcal{F}_{A_i}$  を  $\mathcal{F}_i$  ( $1 \leq i \leq r$ ) と書けば, 定理 1 は次の回の様に見える事ができる。

$$\begin{array}{ccccccc} \mathcal{L}(G, \mathcal{Z}) & = & \mathcal{L}_{A_1}(G, \mathcal{Z}) & \oplus & \mathcal{L}_{A_2}(G, \mathcal{Z}) & \oplus & \cdots \oplus \mathcal{L}_{A_r}(G, \mathcal{Z}) \\ & & \downarrow E_{A_1} & & \downarrow E_{A_2} & & \downarrow E_{A_r} \\ & & \mathcal{L}(\mathcal{F}_1)_*^{(n_1)} & \oplus & \mathcal{L}(\mathcal{F}_2)_*^{(n_2)} & \oplus & \cdots \oplus \mathcal{L}(\mathcal{F}_r)_*^{(n_r)} \end{array}$$

#### 4. Paley - Wiener 型の定理.

以下, この章では  $G$  の実 rank を 1 と仮定する。また  $G$  の最小 psgp. を  $P = MAN$  ( $\dim A = 1$ ) と書き, 前と

同様に  $F = W^*$ ,  $n = n_A$ ,  $W = W_A$  とする。今,  $\mathcal{L}(F)_*^n$  の部分空間  $\mathcal{L}(F)_*^n \in \mathcal{L}(F)_*^n$  の元

$$(4.1) \quad \alpha = (d_1^1(v), \dots, d_{n_1}^1(v), d_1^2(v), \dots, d_{n_2}^2(v), \dots, \dots, d_1^m(v), \dots, d_{n_m}^m(v))$$

で次の2つの条件を満たすものとする。

(i) 各  $d_i^j$  ( $1 \leq i \leq n_j$ ,  $1 \leq j \leq m$ ) は  $F$  上の exponential type の正則関数に拡張できる。

(ii) もし Eisenstein 積分が

$$(4.2) \quad \sum_{i,j,t,m} c_{ijtm} \left( \frac{d^m}{dv^m} \right) \Big|_{v=v_t} \text{ECP}(\phi_i^j: v: X) = 0$$

( $c_{ijtm} \in \mathbb{C}$ ) なる関係式を満たしているときだけ

$d_i^j$  ( $1 \leq i \leq n_j$ ,  $1 \leq j \leq m$ ) は同じ関係式

$$(4.3) \quad \sum_{i,j,t,m} c_{ijtm} \left( \frac{d^m}{dv^m} \right) \Big|_{v=v_t} d_i^j(v) = 0$$

を満たす。以下, 微分作用素  $\left( \frac{d^m}{dv^m} \right) \Big|_{v=v_t}$  を  $D(m, t)$  と略す事とする。

この様に  $\mathcal{L}(F)_*^n$  を定義すれば, 次の定理が成立する。

定理 2.  $\mathcal{L}(F)_*^n$  の元  $\alpha$  に対し, ある  $\mathcal{L}(4.2)$  の元  $F$  が存在し,

$$(4.4) \quad E_A(F) = \alpha$$

を満たす。

証明: 簡単のため  $i=j=1$ ,  $W(\omega_j) = W$  の時を示す。  
 一般の場合も同様の方法によって示される。証明の前に  
 写像  $E_A$  の逆変換に関して一般論を行おう事にある。まず  
 $e_A(4.2)$  の元  $f$  が定理 1 により, 次の形に書かれる事に注意  
 する。

$$(4.5) \quad f(x) = c \int_{\mathcal{F}} \mu(\omega, \nu) E(P: \phi: \nu: x) \hat{f}(\phi, \nu) d\nu$$

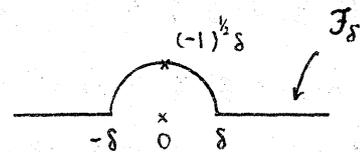
ここで,  $c$  は定数である。以下, 積分記号の前の定数は  
 そのつど変化するが, 常に同じ記号  $c$  で表わす事にある。

今,  $\hat{f}(\phi, \nu)$  が  $\mathcal{F}_c$  上の正則関数に拡張されると仮定する。  
 すると  $E(P: \phi: \nu: x) \hat{f}(\phi, \nu)$  は  $\mathcal{F}_c$  上の正則関数となる。  
 また, 一方  $\mu(\omega, \nu)$  は 十分小さな正数  $\delta$  に対し,  $\mathcal{F}_c(\delta)$   
 $= \{ \nu \in \mathcal{F}_c : |\operatorname{Im}(\nu)| \leq \delta \}$  で正則である事が知られてい  
 る。(Harish-chandra [5] 定理 25.1) よって以上の

事から, Cauchy の積分定理を用いる

事により (4.5) の積分路を, 右回

の様な  $\mathcal{F}_\delta$  へと変える事が可能である。



この様にして 積分路が原点を通ら

なくなつた事により, その上で Eisenstein 積分の

Harish-Chandra 展開を適用する事が可能となる。この

展開の定義, 記号に関して, G. Warner [9] 等を参照され

たい。亦ながら  $A^+ = \exp \mathcal{O}^+$  ( $\mathcal{O}^+$  は 正の Weyl chamber)

の元  $a$  に対し, (4.5) の手  $\in \mathcal{F}_S$  に変じた式より

$$(4.6) \quad f(a) = c \int_{\mathcal{F}_S} \gamma(w, v) \sum_{s \in W} \Xi(sv: a) C_{PIP}(s: v) \phi(1) \hat{f}(\phi, v) dv$$

と書ける事がわかる。ここで  $s \in W, v \in \mathcal{F}_S$  に対し

$$(4.7) \quad \gamma(w, v) C_{PIP}(s: v)^* C_{PIP}(s: v) = c(A)^2 \quad (\text{定数})$$

なる関係式 (cf. Harish-Chandra [5] §17) 及び  $v, v \in s^{-1}v$  に変じる変数変換を行なえば (4.6) 式は

$$(4.8) \quad c \sum_{s \in W} \int_{s(\mathcal{F}_S)} \Xi(v: a) C_{PIP}(s: s^{-1}v)^* \phi(1) \hat{f}(\phi, s^{-1}v) dv$$

となる。ここでさらに  $s \in W, v \in \mathcal{F}_S$  に対し,

$$(4.9) \quad C_{PIP}(s: s^{-1}v) = C_{PIP}(1: v) \circ C_{PIP}(s: s^{-1}v)$$

なる関係式 (cf. Harish-Chandra [5] §17) 及び (3.6)

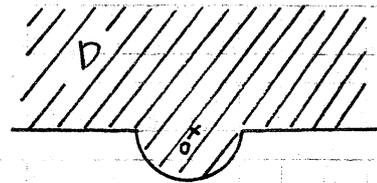
の関係式を用いる事により (4.8) 式は

$$(4.10) \quad c \sum_{s \in W} \int_{s(\mathcal{F}_S)} \Xi(v: a) C_{PIP}(1: v)^* \phi(1) \hat{f}(\phi, v) dv$$

となる事がわかる。すなわち、 $\mathcal{E}_A(4.2)$  の元  $f$  が、 $\hat{f}(\phi, v)$  が手  $\mathcal{E}$  の正則関数に拡張できるという条件の元で、(4.10) 式が成立する事がわかった。

以上の結果を用いて、 $\mathcal{E}(4.2)^*$  の元  $d$  に対し (4.4) を満たす  $\mathcal{E}(4.2)$  の元  $F$  を構成する。次に示す様な各段階を経て、構成する。

(i)  $\Xi(v: a) C_{PIP}(1: v)^* \phi(1)$  が右回で示される領域  $D$  で有限個の極をもつ事に注意する。今、



二つを  $\forall t (1 \leq t \leq T < \infty)$  とし, その位数を  $M_t$  とする。

(ii)  $\{ D(m_t, t) E(P: \phi: \nu: x) ; 1 \leq m_t \leq M_t - 1, 1 \leq t \leq T \}$  なる有限集合を考える。この時各  $D(m_t, t) E(P: \phi: \nu: x)$  が  $G$  上の関数として実解析関数である事に注意する。今、この部分集合で、各要素が線型独立な最大なるものを  $\{ e_1, e_2, \dots, e_r \}$  とする。こゝで二つら

$$(4.11) \quad e_p = D(m_p, p) E(P: \phi: \nu: \cdot) \quad (1 \leq p \leq r)$$

$$D(m_t, t) E(P: \phi: \nu: \cdot) = \sum_{p=1}^r c_p(m_t, t) e_p$$

と書けるものとして一般性を失わない。

(iii) 次に (4.2) の元  $h_p (1 \leq p \leq r)$  を次の関係式を満たす様にとる。(各  $e_p$  が実解析関数である事に注意)

$$(4.12) \quad (h_p, e_q) = \begin{cases} 1 & p=q \\ 0 & p \neq q \end{cases} \quad (1 \leq p, q \leq r)$$

(iv) こゝで  $\mathcal{R}(G)_*$  の元  $\alpha$  に対し,

$$(4.13) \quad G(x) = E_A^{-1}(\alpha)(x) - \sum_{p=1}^r \{ D(m_p, p) \alpha(\nu) \} \cdot h_p^1(x) \quad (x \in G)$$

と置く。ただし  $h_p^1 = E_A^{-1}(E_A(h_p)) (1 \leq p \leq r)$ , 亦即ち

$h_p$  の principal part である。以下, (4.13) 式の  $\{ \}$  の中

を  $A_p$  と書く事にする。この時、この  $G(x)$  は次の三つの

性質を満たす事に注意する。

(a)  $G(x)$  は  $e_A(G, 2)$  の元である。

この事は  $G(x)$  の定義式,  $E_A$  の定義より明らかである。

(b)  $\hat{G}(\phi, \nu)$  は  $\mathcal{F}$  上の exponential type の正則関数へ拡張できる。

(∴)  $\hat{G}(\phi, \nu) = d(\nu) - \sum_{p=1}^{\nu} A_p \cdot \hat{h}_p^1(\phi, \nu)$  とする事に注意する。

この時  $d(\nu)$  が上の性質を満たす事は  $\mathcal{F}(\mathcal{F})^*$  の元である事より明らかである。一方  $\hat{h}_p^1$  はこの定義から  $\nu \in \mathcal{F}$  に対し

$$(4.14) \quad \begin{aligned} \hat{h}_p^1(\phi, \nu) &= (h_p^1, E(p: \phi: \nu: \cdot)) \\ &= (h_p, E(p: \phi: \nu: \cdot)) \end{aligned}$$

と書ける。  $h_p$  は compact 支持を持つ事に於り,  $\hat{h}_p^1$  が上の性質を持つ事は容易に示される。

故に (b) は成立する。

(c)  $D(m; t) \hat{G}(\phi, \nu) = 0 \quad (1 \leq m_t \leq M_t - 1, 1 \leq t \leq T)$

(∴)  $D(m; t) \hat{G}(\phi, \nu) = D(m; t) d(\nu) - \sum_{p=1}^{\nu} A_p \cdot D(m; t) \hat{h}_p^1(\phi, \nu)$

とする事に注意する。また  $h_p$  が compact 支持を持つ事

$$(4.15) \quad \begin{aligned} & \text{から} \quad D(m; t) \hat{h}_p^1(\phi, \nu) \\ &= D(m; t) (h_p, E(p: \phi: \nu: \cdot)) \quad ((4.14) \text{より}) \\ &= (h_p, D(m; t) E(p: \phi: \nu: \cdot)) \\ &= c_p(m; t) \quad ((4.11)(4.12)より) \end{aligned}$$

となる事がわかる。一方  $d$  が  $\mathcal{F}(\mathcal{F})^*$  の元である事から,

この関係式 (4.2) と (4.3) に於り, (4.11) を用いて

$$(4.16) \quad \begin{aligned} D(m; t) d(\nu) &= \sum_{p=1}^{\nu} (c_p(m; t) D(m; p) d(\nu)) \\ &= \sum_{p=1}^{\nu} (c_p(m; t) A_p) \end{aligned}$$

となる。よって (4.15), (4.16) を初めの式に代入すれば, (C) が成立する事がわかる。

(V) (iv) の結果を用いて  $G(x)$  が compact 支持を持つ事を示す。まず (iv) の (a), (b) より, 証明の初めの部分で述べた一般論が  $G(x)$  に適用できる事がわかる。すなわち,  $a \in A^+$  に対し,

$$(4.17) \quad G(a) = c \sum_{s \in W} \int_{s(\mathcal{F}_s)} \Psi(v: a) (p|p|1: v)^{-1} \hat{G}(\phi, v) dv$$

と書ける。この時, (i) により  $\Psi(v: a) (p|p|1: v)^{-1} \phi(u)$  は  $v = v_t$  で  $M_t$  位の pole を持つ。とるで一方 (iv) の (c) により  $\hat{G}(\phi, v)$  は  $v = v_t$  で  $M_t$  位の零点を持つ事がわかる。よって積分記号の中の関数は正則関数 (D) である事がわかった。次に  $s(\mathcal{F}_s)$  ( $s \in W$ ) なる積分路を任意の  $\mathcal{F}^+ = (\mathcal{O}^+)^*$  の元  $\mathcal{F}$  に対し,  $s(\mathcal{F}_s) + \mathcal{F}$  とおける事を考える。

この事は  $\Psi(v: a) (p|p|1: v)^{-1} \phi(u)$  なる関数が  $v$  に関し, その極から離れたい所において,  $v$  の双項式で押えられる事, 及び,  $\hat{G}(\phi, v)$  が (iv) の (b) より exponential type の正則関数である事に注意すれば可能である。次に Euclid 空間における Paley - Wiener の定理の証明と同様の方法, すなわち  $\mathcal{F}$  の任意性から  $\mathcal{F} \rightarrow \infty$  とする事により, 十分大きな  $R > 0$  に対し,  $A_R^+ = \{ a \in A^+; \sigma(a) \gg R \}$  とし

$$(4.18) \quad G(a) = 0$$

となる事がわかる。(  $\hat{G}(\phi, \nu)$  が exponential type である事に注意) 二二二  $\sigma$  は  $G$  上の 1-ルンである。(cf. Harish-Chandra [3] §10) 以上の事から  $G = K U(A^+) K$  と書ける事, 及び  $G(x)$  が  $\tau$ -spherical 関数である事に注意すれば  $G(x)$  は compact 台をもつ事がわかる。

(vi) 最後に求める関数  $F$  を

$$(4.19) \quad F(x) = G(x) + \sum_{p=1}^r A_p \cdot h_p(x) \quad (x \in G)$$

と定義する。(v) 及び  $h_p$  ( $1 \leq p \leq r$ ) の取り方より,  $F(x)$  が  $C^\infty(G, \tau)$  の元である事は明らかである。一応,

$$(4.20) \quad \begin{aligned} F(x) &= (E_A^{-1}(\phi)(x) - \sum_{p=1}^r A_p \cdot h_p^1(x)) + \sum_{p=1}^r A_p \cdot h_p(x) \\ &= E_A^{-1}(\phi)(x) + \sum_{p=1}^r A_p \cdot h_p^0(x) \end{aligned}$$

と書ける事に注意する。二二二,  $h_p^0 = h_p - h_p^1$  ( $1 \leq p \leq r$ ) であり, 二れは  $C(G, \tau)$  に属する。よって,

$$(4.21) \quad \begin{aligned} E_A(F) &= E_A(E_A^{-1}(\phi)) + 0 \\ &= \phi \end{aligned}$$

となり求める関係式(4.4)を満たす事がわかる。以上の事から求めた  $F$  は  $C^\infty(G, \tau)$  の元  $F$  が構成された。(証明終り)

(注意) 4章において  $M$  が  $K$  に含まれる事から  $C(M, \tau)$  と  $V^M = \{ v \in V; \tau_1(m)v = v \tau_2(m) \ (m \in M) \}$  が同型となる事が容易にわかる。二の  $V^M$  の基底を用いても同様の結果を得る。特に  $\tau_1, \tau_2$  が自明な表現の場合は, S. Helgason

[6], R. Gangolli [2] の結果と一致し,  $\tau_2$  が自明,  $\tau_1$  が任意  
 な表現の場合に S. Helgason [7] の結果と一致する。

(注意 4) 定理 2 の証明において  $hp \in C_c^\infty(\mathfrak{g}/\mathfrak{z})$  ( $1 \leq p \leq r$ )  
 の support は  $e^{\mathfrak{q}}(1 \leq \mathfrak{q} \leq \mathfrak{r})$  が実解析関数である事に注  
 意すれば, いくらでも小さく取る事が可能である。よって  
 この事から,  $C_c^\infty(\mathfrak{g}/\mathfrak{z})$  の元の support の大きさ, その  
 Fourier 変換像の exponential type の関係が容易に得られ  
 る。また compact support を持つ cusp form は  $G$  が  
 non-compact の時, 0 に限る事に注意すれば,  $G$  が non-com-  
 pact の時, compact 部分をもつ  $C_c^\infty(\mathfrak{g}/\mathfrak{z})$  の元はその prim-  
 cipal part, 亦た  $C_A(\mathfrak{g}/\mathfrak{z})$  成分により決定されてし  
 まう事が容易にわかる。この事から定理 2 をより精密に必  
 要十分条件の形に書き換える事ができる。これらの事に関  
 しては, T. Kawazoe [8] を参照されたい。

(注意 5)  $G$  の rank を任意とした時の Paley-Wiener  
 型の定理については, 定理 2 と同様の形の定理が得られると  
 考えられるが, 証明は未だ存在していない。  $G$  の rank が  
 1 の場合には一変数の複素関数論の範囲であるので, 比較的  
 初等的な方法で証明が得られた。しかしこの方法をこのま  
 ま任意の rank の場合に適用する事は無理と思われる。特  
 に  $hp(1 \leq p \leq r)$  を  $C_c^\infty(\mathfrak{g}/\mathfrak{z})$  から取り,  $\tau$ , 極を消す部分の拡張

できたい。この様な事から rank を任意とした時には、別の型の証明方法が必要と思われる。ただし、Harish-chandra 展開及び Euclid 空間の場合と同様の証明方法を用いる部分はこのまゝ使われると思う。

最近, discrete series を non-unitary principal series の部分表現と見なし, その時の parameter と  $\mu$ -関数の極との間にある種々の関係を仮定すれば, 良い結果, 例えば極における留数が  $c_A(q, \mu)$  ( $A$  は  $A_0$  と共役でない。) に属するといった事がわかるが, その仮定の是非を考へると今は前途多難である。

### 参考文献

- [1] O. Campoli: The complex Fourier transform for rank-1 semisimple Lie groups. Thesis, Rutgers (1977)
- [2] R. Gangolli: On the Plancherel formula and Paley-Wiener theorem for spherical functions on semisimple Lie groups. Ann. Math., 93(2), 150-165 (1971)
- [3] Harish-Chandra: Harmonic analysis on real reductive groups. I. J. Func. Anal., 19, 104-204 (1975)
- [4] —————: Ditto II. Inv. Math., 36, 1-55 (1976)
- [5] —————: Ditto III. Ann. Math., 104, 117-201 (1976)

- [6] S. Helgason : An analogue of Paley-Wiener theorem for the Fourier transform on certain symmetric spaces. Math. Ann., 165, 297-308 (1965)
- [7] ————— : A duality for symmetric spaces with applications to group representations. II. Adv. Math., 22, 197-219 (1976)
- [8] T. Kawazoe : An analogue of Paley-Wiener theorem on rank 1 semisimple Lie groups II.
- [9] G. Warner : Harmonic analysis on semisimple Lie groups II. Springer-Verlag 189 (1972).