



Title	Smooth perturbations in ordered Banach spaces and similarity for the linear transport operators
Author(s)	煤田, 登美男
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3172
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	うめ 榎	だ 田	と 登	み 美	お 男
学位の種類	理	学	博	士	
学位記番号	第	7374	号		
学位授与の日付	昭和61年	6月	21日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当				
学位論文題目	順序バナッハ空間における滑らかな摂動と輸送作用素の相似性				
論文審査委員	(主査) 教授	田邊	廣城		
	(副査) 教授	池田	信行	教授	渡辺 毅 助教授 小松 玄

論文内容の要旨

本論文は輸送方程式を散乱理論の立場から取り扱ったものである。輸送方程式は非常に多数個の粒子の状態を記述する方程式であって、その解は相空間における粒子の密度分布を表す。したがって、解を相空間全域にわたって積分して得られる値は粒子の総数になる。この故に輸送方程式を可積分関数の空間における発展方程式と見なすことは自然である。この視点に立って、J. Hejtmánek は1975年、輸送方程式の散乱理論の研究を創始した。その後、B. Simon (1975年)、V. Protopopescu (1976年)、J. Voigt (1977年) 等が Hejtmánek に続いた。しかしながら、彼らの研究は散乱理論としては言わば初歩的水準に留まっていた。すなわち、散乱理論における主要な研究対象である波動作用素の存在を調べただけであった。筆者は輸送方程式の散乱理論を稔り豊かなものとするためには波動作用素の値域を調べることであり、及び波動作用素のスペクトル理論への応用を調べることを為すべきであると考えた。そのための第一歩として本論文では輸送作用素の相似性を論じた。ところで、線形作用素の相似性を一般的に扱った理論として加藤敏夫の滑らかな摂動論がある。これはヒルベルト空間における作用素を扱うものであるが、Lin, Evans等の仕事によりバナッハ空間における作用素も扱えるようになった。そこで、可積分関数の空間で考えた輸送作用素を彼らの滑らかな摂動論で取り扱えないか、という考えが浮かぶ。この考えは実際に過去、何人かの数学者たちによって試みられたが実を結ばなかった。

本論文において行った研究は従来のもとは異なる滑らかな摂動論の構築、及びそれを応用しての輸送作用素の相似性の証明、の二点である。この新しい形の滑らかな摂動論は正值性を保存する強連続群の性質を活用するものである。そのために順序バナッハ空間を持ち出す必要がある。輸送方程式の解は正值性を保存するので、筆者の滑らかな摂動論は輸送作用素に適用できて、その結果、次のことが示さ

れる：衝突頻度及び散乱核が正則であって、かつ十分小さいとき輸送作用素に対して相似性が成り立つ。

論文の審査結果の要旨

本論文は作用素の相似性に関する一般な定理とその輸送方程式への応用から成る。楳田君は先ず順序づけられたバナッハ空間 E で定義された作用素 B_1 とその有界な摂動 $B_2 = B_1 + A$ に対し次の 3 条件：

(i) $-B_1, -B_2$ は一様に有界な群 $\exp(-t B_1), \exp(-t B_2)$ を生成する。

(ii) $\exp(-t B_1), -A$ は非負作用素

(iii) E のすべての非負な元 u に対し $\int_0^\infty \|A \exp(-t B_1) u\| dt < \infty$

が満たされるならば E 全体で定義された有界な波動作用素 $W_+(B_2, B_1), W_+(B_1, B_2)$ が存在して、これらは互いに逆、かつ

$$B_2 = W_+(B_2, B_1) B_1 W_+(B_2, B_1)^{-1} \quad (B_1 \text{ と } B_2 \text{ の相似性})$$

が成立することを示した。これが本論文の主定理で次にこれを輸送方程式

$$\begin{aligned} \partial u(t, x, \xi) / \partial t + \xi \cdot \nabla_x u(t, x, \xi) + \sigma(x, \xi) u(t, x, \xi) \\ - \int_{\mathbb{R}^d} k(x, \xi', \xi) u(t, x, \xi') d\xi' = f(t, x, \xi) \end{aligned} \quad (1)$$

に適用した。(1) と粒子の自由運動の方程式

$$\partial u(t, x, \xi) / \partial t + \xi \cdot \nabla_x u(t, x, \xi) = f(t, x, \xi)$$

を $L^1(\mathbb{R}^{2d})$ の中の方程式としてそれぞれ

$$du(t)/dt + Bu(t) = f(t), \quad du(t)/dt + B_0 u(t) = f(t)$$

と表す。 $\sigma(x, \xi)$ と $k(x, \xi', \xi)$ に関するある条件のもとで B_0 と B に主定理が適用され、波動作用素 $W_+(B, B_0), W_+(B_0, B)$ の存在と B_0 と B の相似性が示される。特に衝突と散乱が有界な領域に限定されているときはその領域の直径と平均自由行程に関する適当な過程のもとで上述の条件が満たされることを示している。 B_0 は簡単な作用素であり、この結果を用いて作用素 B の性質を詳しく知ることが出来る。

輸送方程式を L^1 空間で考えることは未知関数の L^1 ノルムが粒子の総数を表す点で自然であると考えられる。楳田君はこの点に着目し、更に現れる作用素の正值性と L^1 空間の順序空間としての特性を用いて相似性に関する興味ある新事実を明らかにしたことは高く評価さるべきであり、本論文は理学博士の学位論文として十分価値があると認める。