

技術文化論叢

No.4

東京工業大学技術構造分析講座



目次

論文

- 1 藁谷 敏晴, 武田 明子
ドイツ語における分離動詞・非分離動詞の認知意味論的研究
—前綴り über の場合—
- 14 **Shizue HINOKAWA**
Cyclotron Development at the Institute of Physical
and Chemical Research in the 1930s

博士論文梗概

- 41 綾野 博之(1997年)
19世紀後半の *NATURE* 誌における科学の改革論の展開
- 45 デマイオ・シルヴァーナ(1998年)
幕末明治初期日本工学教育の展開に関する研究
—横須賀聾舎、燈台寮修技校及び工部大学校の比較分析—
- 75 木場 隆夫(2000年)
コンセンサス会議の形成とその意義—科学技術への市民参加についての考察—

修士論文梗概 (2000年)

- 89 小長谷 大介
Max Planck の電磁的エントロピーの導入に関する科学史的研究
- 90 小林 学
蒸気機関用ボイラの発達と材料技術の関係について
- 98 水沢 光
日本におけるテクノロジー・アセスメント行政の歴史的経過と考察
—通産省 工業技術院の取り組みを中心に—
- 102 金 賢淑
連関論理とその意味論についての研究
- 106 米川 聡
ヴィクトリア期イギリスのエンジニアに関する一考察
—イサンバード・キングダム・ブルネルを中心に—

論文

ドイツ語における分離動詞・非分離動詞の 認知意味論的研究 —前綴り über の場合—

藁谷敏晴 武田明子

1 はじめに

ドイツ語には分離動詞にも非分離動詞にもなる一群の複合動詞がある。これらの複合動詞が分離か非分離かを定める統語論的な法則は明確ではないが、一般的には空間的・具体的な意味を表す場合には分離動詞になり、象徴的・抽象的な意味を表す場合には非分離動詞になる傾向が強いとされている(例えば、*Neue deutsche Grammatik, vergleichen mit der englischen*, Miyake, Sukesaburo, p.155(1977)など)。しかし、“Das Wasser überfloß die Felder.”(畑が水浸しになった。(小学館独話大辞典第2版訳))は具体的であるが非分離動詞であるし、“Sein Hertz fließt vor Dank über.”(彼の心は感謝の念でいっぱいである。(同学社アポロン独話辞典第1版訳))は抽象的であるが分離動詞である。したがって、母語話者は一般的な分類とは何か別の意味的な基準によって分離か非分離かを使い分けているにちがいないと推測される。

Leisi (1953) は語行為 (Sprachakt) を許す語内容 (Wortinhalt、語の意味) を共時的な条件下で調査した。その結果、語の使用が許されるには統語論的制約に加えて当該言語に課せられた慣習に従うことが必要であることを実証し、言語運用における意味論的条件の重要性を主張している。(Leisiと同様の分析は Kecskemeti (1952) および Wittgenstein(1952)によって同時期に独立して行われている。この点については、Leisiの著書“Der Wortinhalt”(1953)の日本語文庫本版である「意味と構造」(鈴木孝夫訳)のp.5を参照されたい。Leisiの原文はない。)また、Lakoff (1987) は認知科学を応用し意味のカテゴリー化について考察を行った。そして、人がある語を使用する際には、知覚や社会的行動などのさまざまな経験に基づいた心的なイメージによって対象を認知することが語の使用に大きな役割を果たすと述べている。

このような認知意味論的な考えを前綴りの分離・非分離の選択にも取り入れて、対象がどのように認知されるかということ考察してみることは、母語話者が分離か非分離かを決定する際の意味的な基準の問題を解決するのに役立つことが予測される。そこで、本稿では母語話者が分離か非分離かを使い分ける際の前綴りの構造概念を認知意味論的な立場から明らかにすることを目的にして前綴り über を取り上げ、その概念の意味分析を行うことにする。同時に、そのような意味の基準を最も適確に反映させるには日本語の記述をどのよ

うな形で対応させればよいのかについても考察する。これは第二外国語の習得には母語に対応する語との意味論的な条件の違いが正確に伝達されることを考慮することが欠かせない要素となるためである。

本稿では前綴りに *über* を持つ複合動詞に焦点を当て、その中の液体および容器に関する複合動詞を取り上げて分析することにする。

2 液体・容器に係わる前綴り *über* の構造と中心的な意味

2.1 「超過」の概念としての接頭辞

Lakoff (1987) は *over* の意味分析の中で、*over* が接頭辞として用いられる場合、「超過」を意味することがあると述べている。

(a) The river overflowed.

(川の水が溢れた。… Lakoff (1987), 邦訳「認知意味論」(池上嘉彦ら訳著))

(b) Der Strom ist übergeflutet.

(川が溢れた<氾濫した>。… 小学館, 独和大辞典訳: 以後(小)と略す。)

そして、この「超過」の意味の理由を、容器の高さが液体量の最大限を規定するため、これを越えて流れ出るという経路を辿る液体は通常の基準を超過するという概念を伴うためであるとする。つまり、Lakoff は「超過」を「液体が想定された容器に応じて決められた高さの限度を超える」と定義していることになる。(b) は (a) と同内容のドイツ語文例であるから、(a) と同様に Lakoff の定義による「超過」の概念が伴っていると言える。

(c) The river overflowed the neighboring fields.

(川が氾濫して近辺の田畑が水浸しになった。… 大修館, 英和辞典訳: 以後(大)と略す。)

(d) Der Strom hat die Felder überflutet.

(川の水が溢れて畑を水浸しにした。… 小)

(c) にも (a), (b) と同じ定義に基づく「超過」の概念が係わっている。ここでも川が氾濫するのであるから、やはり液体は容器の高さの限界まで満ち、結果として容器を越えて畑に溢れ出ている。(d) は (c) と同内容のドイツ語文例であるから、(c) と同じ概念が伴っていると考えられる。

上述したように (a)~(d) のそれぞれが意味的に「超過」の概念で一致しているにもかかわらず、ドイツ語文例では、*überfluten* が (b) では分離動詞として、(d) では非分離動詞として使い分けられている。したがって、「超過」の概念の意味的な内容を Lakoff(1987) の定義に従って容器の高さに注目するだけではドイツ語の分離・非分離の使い分けの意味論的な概念を説明することができないことが推測される。

2.2 容器と「へり」の関係

液体が容器を「超過」という概念には、高さの部分以外にもう一つ注目すべき部分がある。容器の「へり」である。通常、液体はそれが入っている容器の「内部」にある。液体が容器を越えて「外部」へ出ていくには、必ず容器の「へり」を越えなければならない。川の水が溢れて外に出ていくには、容器の「へり」に当たる川岸を越えて外へ出なければならないのである。したがって、液体と容器の関係で語の意味内容を分析するには、液体を「へり」をもつ対象として捉える必要がある。そこで、本稿では「超過」を Lakoff(1987)とは異なり、「液体が容器の許容限界を超えてへりを越えること」と定義し直すことにする。

では、「へり」はどのように認知されるのだろうか。以下、ドイツ語から例を取って検討してみる。

(e) Tränen flossen ihr über Wangen.

(涙が彼女の頬を流れた。… 小)

(f) Meine Augen fließen vor Tränen über.

(私の目に涙があふれる。… 研究社、独和辞典訳：以後(研)と略す)

(g) Tränen überflossen ihr Gesicht.

(涙が彼女の顔を濡らした。… 三省堂、独和辞典訳：以後(三)と略す)

いずれの文例も涙が頬を伝っている状態を示しているが、über に関して統語論的に言えば、(e) は前置詞、(f) は分離動詞の前綴り、(g) は非分離動詞の前綴りである。

(e) では涙が顔の上を伝っている状態が示されている。ここでは über は顔の上に涙があること、すなわち、涙と顔の位置関係を示すものとして認知され、涙がどこから来てどこへ行くかは認知の対象外である。したがって、前置詞 über では前綴り über に伴う「へり」の概念は認知の対象にはなっていない。

(f) では涙は目という容器との関係で示され、認知される。すなわち、涙は「へり」を越えて容器の外へと流れ出るものとして認知されている。したがって、前綴り über は容器の「へり」が液体の流れ出す先の、新たな別の容器とそれまでの容器を区別するものとして強く認知される。

(g) では顔に涙がある状態が認知されている。ここでは人の注意は涙が目から溢れ出ることにではなく、顔面にあることに向けられている。つまり、容器(顔)を越えることなくそこにあるものとして涙が認知されるのである。一般に「液体が容器の中にある」場合、人はわざわざ液体が入っている容器の「へり」を強く認知する必要はない。認知される容器は顔であり、その容器の「へり」は液体を容器の内部にとどめるのであるから、意識的に強く認知されることはないと言える。

以上の検討から、見た目には同じような状態であっても、対象がどのように認知されるかで über がそれぞれ別の意味内容を持つことが分かる。

2.3 「へり」から「境」への変容

(f) と (g) の「へり」の相違はそれが強く認知されるか否かによっている。「へり」は容器に属するものである。帽子の「へり」は帽子に属し、帽子の外部を示すことはない。畳の「へり」もまた畳に属し、その外部は示さない。液体と容器の関係も同様で、液体が容器の中にある場合、「へり」は容器に属するものとして液体をその内部にとどめるのである。

したがって、「へり」が容器の内部と外部を区別するものとして明確に認知される場合、「へり」は既にいわゆる「へり」ではなく、別のもの、つまり容器の内部と外部を区切る「境界」へと変容する。国と国は国境という「境界」によって区切られ、それぞれが別のものとして認知される基準となるし、土地と土地は「境界」線で区切られ、それぞれの土地が別の所有者のものとして認知される。このように、液体が容器の内部から外部へと出ていく状態を強く認知するとは、「へり」を内部と外部を区分する何らかの「境界」として強く認知することにほかならない。

この観点から (f) と (g) を見ると、(f) の分離動詞の文例では涙が溢れ出ること自体を強く認知しているため、「へり」は「境界」として認知されていると言える。これに対し、(g) の非分離動詞の文例では涙が顔にある状態が認知されているため、「へり」そのものは容器である顔に属するものとして、涙が顔という容器の中に保たれてそこにあることを示していると言える。

以後、液体を容器の内部にとどめる働きをもつ「へり」を *Rand* と呼び、この「へり」を越すと当該液体が異なった認知的観点から考察される状態に変容する働きをもつ「へり」を *Grenze* と呼ぶことにしよう。このように *Grenze* と *Rand* の概念を導入すると、容器の規定は「壁面を高く持つ垂直な入れ物」から「液体をへりの内部にとどめている入れ物」と変更できる。この「入れ物」は液体を内部にとどめればよいものであるから、結局、容器とは「液体を (が) *Rand* の「領域」内にとどめる (とどまる) ものである」と定義できる。この「領域」を今後は *Gebiet* と呼ぶことにしよう。

Gebiet, *Rand*, *Grenze* の三つの基本概念に基づいて、再度 (f) と (g) を見直してみる。(f) でも (g) でも涙は目にたまり、溢れて外部へと流れ出ている。しかし、(f) では涙が *Gebiet* (目) の外部へと溢れ出ることが強く認知されるため、いわゆる「へり」は *Grenze* として認知される。そして、このために前綴り *über* が自動的に分離動詞の接頭辞として選択されると考えられるのである。

これに対し、(g) で強く認知されるのは、目を越えて溢れ出る涙ではなく、顔にある涙である。涙は *Gebiet* (顔) 内にとどまり「へり」を越えないのであるから、ここでは「へり」が *Grenze* として認知されることはない。そして、その結果として前綴り *über* は自動的に非分離動詞の接頭辞として選択されると考えられるのである。

以上の考察により、前綴り *über* が分離動詞の接頭辞として選択されるか、あるいは非分離動詞の接頭辞として選択されるかは、対象の *Rand* / *Grenze* との認知的な係わりによる認知と直接的な関係があると言することができる。すなわち、母語話者は「いわゆる「へり」が *Grenze* として認知される場合には分離動詞を選択し、認知されない場合には非分離動詞を選択する」という意味的な基準に従って前綴り *über* の分離・非分離を使い分けていると推論できる。

3 Grenze が認知される場合 (分離動詞) の前綴り über の意味分析

3.1 「超過」の概念が伴う前綴り über

本稿では 2.2 において、「超過」を「液体が容器の許容限界を超えて「へり」を越えること」と定義した。Gebiet, Rand, Grenze の係わりで液体と容器の関係を見た場合、容器は Gebiet であるから、「へり」が Grenze として認知される際の最も具体的な例は、対象である液体が容器の「へり」を越えることになる「超過」であろう。

(1) Das Benzin läuft aus dem Tank über.

(ガソリンがタンクから溢れる。… 小)

(2) Die Milch ist übergekocht.

(ミルクが吹きこぼれた。… 小)

文例 (1), (2) は液体が過量となった結果「超過」する。すなわち、液体が Gebiet の「へり」を越えることが強く認知されるため、「へり」は Grenze として認知され、分離動詞が選択されている。Lakoff(1987) の言う、液体が容器を垂直に上昇し、ついに容器の高さを越えて外部へと溢れ出すという状況は「へり」が Grenze として認知される際の一例にすぎないことになる。

ここで、分離動詞に十分に対応した日本語訳が使われているかどうかについて見てみよう。分離動詞は前部である前綴りとそれに続く後部である基幹動詞からなる複合動詞である。複合動詞とは『動詞を後部要素として、これに動詞、または他の品詞が複合してできた動詞。』(広辞苑第5版) であるとされている。したがって、日本語訳としては、前部である über の「超過」の意味と後部に続く基幹動詞の意味の内容が同時に含まれるような訳が当てられていなければならない。

まず、(1) の「溢れる」について見てみよう。「溢れる」は広辞苑第5版では『1) いっぱいになって外に出る。2) 中に入りきれずに外に出てくる。3) 満ち満ちている。』、言泉第1版では『1) 水などがいっぱいになってこぼれる。2) こぼれるかと思われる程にいっぱいになる。』、大辞林第1版では『1) 液体が容器や池・川などにいっぱいになって上の方からこぼれる。2) 人や物が入りきらずに外に出る。3) 物が必要以上にたくさんある。4) 才知・気力・感情などが満ちている。』と説明され、いずれも「溢れる」には二つの異なる意味が混在していることを示している。すなわち、一つは液体がいっぱいになって外に出る意味であり、「へり」を超えて Gebiet の外部へと出る、本稿で定義する「超過」を表している。しかし、もう一つは液体が外に出ず Gebiet 内にとどまる(とどまっている)意味であるため、「超過」をではなく「滞留」を表していると言える。分離動詞 überlaufen の場合、いっぱいになった液体は Gebiet の外へ出ていかなければならないのであるから、「滞留」をも同時に含むような語を訳語として当てるのは好ましくない。外に出ていくことを明確に示すために「出る」を用い、「溢れ出る」という複合動詞を当てて「ガソリンがタンクから溢れ出る。」と訳せば、「超過」した液体が Gebiet の外へと出ていくこと、すなわち「へり」が Grenze として認知されるという意味内容が適確に表されることになる。

次に、文例 (2) の「吹きこぼれる」という訳であるが、この表現は適切であると考えられる。ここで、「吹く」または「こぼれる」のどちらか1語の動詞のみで訳されている場合を考えてみよう。「吹く」は『1) 空気が流れ動く。2) すぼめた口や、口にあてた細い物を通して息を勢いよく出す。3) 息を出して楽器を鳴らす。4) 内部にあるものを勢いよく外に出す。(5) 以下は省略。』(例解新国語辞典第5版)と説明されている。これらの意味説明のそれぞれには、「風が吹く」、「炭を吹いて赤くする」、「楽器を吹く」、「芽を吹く」といった例が付されており、対象については、「へり」が Grenze として認知されるような状態で Gebiet 内部から外部へと出ていくことが必ずしも明瞭ではない。一方、「こぼれる」は『1) 中に入っている液体や小さな粒状のものなどが、溢れたりして外へ出てしまう。2) 中から溢れてくるように、自然に外に出る。』(例解新国語辞典第5版)という意味である。意味の説明文中に「溢れたりして」または「溢れてくるように」とあることから分かるように、「こぼれる」にはあるものが外に出るという共通の概念があるものの、液体は必ずしも「超過」によって Gebiet の外へと出るとは限らないのである。überkochen という複合動詞は、液体がまず沸き立って膨張し、ついに Gebiet を「超過」して外へと出ていくという意味内容を示す。したがって、「こぼれる」一語ではドイツ語に対応した適訳にはならず、結局、『やかんの湯やなべの汁などが沸騰して勢いよく溢れ出る』(例解新国語辞典第5版)という意味内容を表す「吹きこぼれる」という複合動詞を当てることによって初めて、より適切に überkochen に対応した訳になると言える。

日本語とドイツ語は統語論的にも意味論的にも、少なくとも表層上は異なる体系をもつ言語であるから、ドイツ語で接頭辞 über と基幹動詞から複合動詞が成り立っているからといって、対応する日本語も複合動詞で対応できるとは限らない。しかし、訳語には前部の意味と後部の意味の両方が含まれ、かつ「へり」が Grenze として認知されたことが分離動詞の選択につながったのだと理解できるようなものが当てられる必要がある。そうしなければ、両言語の意味内容の連結関係がとぎれてしまい、第二言語としてドイツ語、または日本語を学習する者に語の使用の意味的な規準、すなわち、母語話者がどのような過程を経てその語を選択したのかという語の使い分けの基準が理解されないことになる。日本語、ドイツ語に限らず、複合語がわざわざ使用されるときは、単一語にはない意味内容がそこに含まれるときであるのが一般である。したがって、ドイツ語が複合動詞の形を取っている場合に、日本語訳でも該当する語に複合動詞の形が作れるかどうかを検討することは、外形的な表現だけでなく、認知の過程を正しく伝えるためにも大切な作業であると言える。

3.2 「越境」の概念が伴う前綴り über

同じ液体と容器の関係でも、文例 (3), (4) のように「超過」の定義に完全には合致しない Grenze の認知もある。

(3) Er hat mir einen Eimer Wasser übergegossen.

(彼は私の頭からバケツ一杯の水を浴びせた。…小)

(4) Ich habe mir den Kaffee übergeschüttet.

(私はコーヒーをこぼした。…小)

文例 (3) では水が Gebiet (バケツ) の内部から外部へ, (4) ではコーヒーが Gebiet (カップ) の内部から外部へと流れ出る。この過程は文例 (1), (2) と同じであるから, それぞれの「へり」が Grenze として認知されて分離動詞が選択されている。異なる点は, (3) では彼によって, (4) では私によって Gebiet の内部から外部へと液体が人為的に出されることである。液体は容器の許容限界を超えて外部へと出てはいるが, この許容限界は人の意志によって作られたものである。そこで, この「設定された許容限界を液体が越えさせられる」状況を, 本稿では「越境」と定義することにする。すなわち, 文例 (3), (4) では液体は「越境」の概念により, 「へり」が Grenze として認知されるのである。

「越境」は「超過」の別の形の認知概念であり, 「超過」と「越境」は「へり」が Grenze として認知される点で互いに連結していることになる。

再び日本語訳について見てみよう。文例 (3) では übergießen の日本語訳に「浴びせる」が当てられている。「浴びせる」は『湯・水などを他人や物に注ぎかける。』(広辞苑第5版) という意味である。複合動詞には複合動詞で意味的に対応させることを基本に考えると, 訳として選択する語としては, この「浴びせる」の意味説明文の中にある「注ぎかける」という複合動詞の方が好ましいと言える。しかし, 「注ぐ」は『水が流れ込む。雨などがふりかかる。液体を流し込む。』(例解新国語辞典第5版) ことであり, 「浴びせる」に比べると, 相手に向かっていくという概念に乏しい。例えば, 「罵声を浴びせる」とは言えても, 「罵声を注ぐ」とは言えないのである。そこで, 「浴びせる」と「かける」を一緒にした複合動詞「浴びせかける」を採用し, 「彼は私の頭からバケツ一杯の水を浴びせかけた。」という訳を当てた方が, よりドイツ語の意味内容が適確に伝達される訳語になると思われる。

一方, 文例 (4) では überschütten に「こぼす」が当てられている。「こぼす」は『水・涙などを溢れ出させる。』(広辞苑第5版) ことである。ここでもまた複合動詞で訳を対応させることを考慮すれば, 「こぼす」はその意味の説明文の中にある複合動詞「溢れ出させる」に置換可能である。この語を日本語としてドイツ語文の訳語に使用するのには, 日本語話者の感覚としては多少中間言語的であり, こなれた表現の日本語とは言えない面がある。しかし, 「こぼす」に比べてぎこちなさが残るとしても, 「私はコーヒーを溢れ出させた。」という複合動詞の表現にした方が, 「へり」が Grenze として認知されていることがより適確に伝達された, 意味の内容にも立ち入った訳語になると言えよう。したがって, 文例 (4) は (4)' のようにして訳を並記して挙げると, より意味内容の理解しやすい表示となろう。

(4)' 私はコーヒーをこぼした。(私はコーヒーを溢れ出させた。)

3.3 「移行」の概念に伴う前綴り über

「越境」が前綴り über を分離動詞として選択する意味的な基準となるのであれば, 次の (5), (6) のような文例において前綴り über が自動的に分離動詞として選択されることにも十分な説明がつけられる。

(5) Er ist zum Feind übergelaufen.

(彼は敵にまわった。…研)

(6) Er ist zum Katholizismus übergetreten.

(彼はカトリックに改宗した。… 小)

文例 (5) と (6) では, Gebiet を出ていく対象は液体ではなく人である。文例 (5) では今までの Gebiet (属していたグループ) から新しい Gebiet (敵であったグループ) へ彼は所属を変える。また, 文例 (6) では, 彼は今まで所属していた Gebiet (ある宗教) から新しい Gebiet (カトリック) に宗旨, つまり所属を変える。これらは人の「所属域の越境」であると考えることができる。これらの文例が前節の「越境」と異なる点は, 人が自分の意志で自ら Gebiet を越え出ていることである。そこで, ここではこの「設定された許容限界 (所属域) を自らが超えて出る」状況を「移行」と定義することにする。この「移行」では, 人は実際にある場所からある場所へと移動するのではなく, 人の所属に関して「移行」が見い出されるのである。すなわち, 人はある者が Gebiet である所属域の「へり」を越えて別の所属域に出ていくという点において, 「へり」を Grenze として認知することになるのである。

この「移行」の定義は, 一見液体と容器の関係から逸脱するようにみえる。しかし, 液体は一般に Gebiet 内部から外部へと越え出た後で, 再び元の Gebiet に戻ることはない。人の「移行」についても同様である。今までの所属域を越えて別の所属域に「移行」した人は, 敵方についても, 宗旨を変えても, 自らの所属域を変えるのであるから, 一般には再び元の所属域に戻ることはない。したがって, この, 再び元の Gebiet には戻らないという点に関して, 「移行」は液体と容器の関係に合致していると言える。

ここから, 権域, 領域に関する「移行」もまた, 「超過」, 「越境」と意味的に同一水準に属する概念であると考えることができる。

さて, 日本語訳についてであるが, 文例 (5) の überlaufen には「(敵に) まわる」が, (6) の übertreten には「(カトリックに) 改宗する」が当てられている。それぞれの文例の言い回しは日本語ではごく一般に使用される言い方であり, そのままで, ある者が味方を見限り敵方の所属域に入り込むことが, また, 今までの宗教を見限って別の宗教領域に入り込むことが理解される。したがって, 複合動詞が使われていないにも係わらず, 日本人にはこれらの言い回しに伴う「移行」の概念が十分に把握できる。これは日本語の助詞「に」に, あるものの権域が及ぶ範囲を示す働きがあるためであると考えられる。例えば, 「山に登る」は日本語教育事典 (1982) では, 行き先を表す「に」と説明されているが, 意味論的には人がある場所から山の権域下へと所属を変えることを示していると言える。また, 同事典では「東京に住んでいる」の「に」は存在場所を示す「に」と説明されているが, これも意味論的には東京のさまざまな力が住んでいる者に及ぶことを示しているのである。

しかし, それでもなお, 複合動詞の訳を当てる工夫をする必要がある。なぜならば, 我々日本人には意味的な構造とその使い方が明瞭でも, 第二外国語として学習する者には必ずしもはっきりとした提示となっていないことも多いからである。例えば, 文例 (5) の「(敵に) まわる」を見てみよう。「まわる」は『別の位置・立場に移る』(大辞林第1版)と説明され, 例文には「敵にまわる」だけでなく, 「裏方にまわる」, 「背後にまわる」などの例が挙げられている。これらの文例の意味的な内容は異なっており, 辞書の説明からだけでは, 「移行」に伴う概念が正確には把握できない。「敵にまわる」とは, 敵方の権域に「入り込み」, そこから「出ない」ということであるから, 「彼は敵方に入り込んで, 再び出な

い。」という訳を当てると、Gebiet である所属域の「へり」が Grenze として認知されたことが明確に表されるだけでなく、意味内容に深く立ち入った表現になる。文例 (6) の「改宗する」も、文例 (5) と同様にして「入り込む」を利用し、「彼はカトリックに入り込んでそこから再び出ない。」という訳を当てれば、所属域の変更と変更後は元には戻らない状況であることがより明確に表されることになる。

以上から、文例 (5) は (5)' のように、文例 (6) は (6)' のようにして訳を並記させるとより適切であろう。

- (5)' 彼は敵にまわった。(彼は味方から敵方に入り込んでそこから再び出ない.)
(6)' 彼はカトリックに改宗した。(彼は今までの宗教からカトリックに入り込んでそこから再び出ない.)

4 Grenze が認知されない場合 (非分離動詞) の前綴り über の意味分析

4.1 「被覆」の概念が伴う前綴り über

対象と Grenze との関わりが強く認知されない時、前綴り über は自動的に非分離動詞として選択される。既に見たように、「へり」はもともと Gebiet に属するものであるから、Rand が認知されるとは、対象が Gebiet を越えずに内部にとどまっているありようが認知されるということになる。

Gebiet と Rand の係わりで液体と容器の関係を見た場合、対象である液体が Gebiet の「へり」を越えて出ていかずに Gebiet 内にとどまるのであるから、Gebiet は何らかの形で液体に覆われている、つまり、液体に「被覆」されている状態にあると言えよう。

- (9) Das Wasser überfloßdie Felder.
(畑が水浸しになった。… 小)
(10) Tränen überströmten ihr Gesicht.
(涙が彼女の顔に溢れた。… 三)
(11) Er übergießBraten mit Soße.
(彼は焼き肉にソースをかけた。… 小)
(12) Er hat mich mit einem Eimer Wasser überschüttet.
(彼は私にバケツ一杯の水をかけた。… 小)

文例 (9) では水が畑の上に、(10) では涙が顔の上に、(11) ではソースが焼き肉の上に、(12) では水が私の上にある。それぞれの液体は、ただ Gebiet を越えないということを示しているだけではない。接頭辞 über を伴うことによって、液体が Gebiet を覆っているという意味的な内容が示され、畑、涙、焼き肉、私のすべてが液体によって「被覆」されている状態にあることを提示している。すなわち、über が非分離動詞の接頭辞として選択される場合、液体が Gebiet を覆う「被覆」が最も基礎となる概念であると言えよう。

したがって、日本語訳でも前綴り über に含意されるこの「被覆」の概念が伝えられていなければならない。文例 (9) では :uber に「水浸しになった」という訳が当てられている。「水浸し」とは『すっきり水につかること』(広辞苑第5版)を意味するので、畑が水に覆われていることが伝えられている。しかし、「覆う」という語を使い、「水が畑を覆ってしまった。」(英語の現在完了形に対応)という訳を当てた方が、水が Gebiet にとどまって覆っている「被覆」の概念をより明確に伝えることになる。

文例 (10) には「溢れる」という訳語が当てられている。既に分離動詞の訳語で見たように、この語には二義性があり、液体が内部にとどまり外部へ出ないという意味と、液体が内部にとどまりきれずに外部へと出るという意味を持つ。したがって、分離動詞としての訳語だけではなく、非分離動詞の訳語としても不適當である。涙は Gebiet (顔) にあり、そこを覆っているのであるから、「涙が彼女の顔を覆ってしまった。」という訳語を当てるほうが非分離動詞である前綴り über の意味内容をより明確に伝えていると言える。

また、(郁)には“*Ihr Gesicht war von Tränen überflossen.*”という文例があり、日本語訳には「彼女の顔は涙にぐっしり濡れていた。」が当てられている。「ぐっしり」は『ひどく濡れているさま』(広辞苑第5版)であるから、濡れている程度がはっきり示され、状態の様子は単に「濡れる」より明瞭と言える。しかし、程度を示すよりもむしろ「覆う」という語を採用し、「彼女の顔は涙で濡れて覆われていた。」のようにした方が、より非分離動詞が選択された意味が明確になると思われる。「ぐっしり」や「すっきり」と言った程度副詞を使って覆われる程度や様態を示すことは「被覆」の程度が詳細に伝達されるが、本来的には不必要な語である。まず第一にしなければならないことは、前綴り über がなぜ非分離動詞として選択されるのかという über の分離・非分離の使い分けの意味的な規準が明確になるような訳を見い出すことである。

文例 (11), (12) も文例 (9), (10) と意味論的には同様に考えなければならない。(11) の übergießen にも、(12) の überschütten にも「かける」が当てられている。「かける」は『1) かぶせる。覆う。2) 撒きそそぐ。あびせる。(3) 以下略』(広辞苑第5版)の意味であり、意味内容としては「覆う」が既に含まれていると言える。しかし、(11) の訳文である「彼は焼き肉にソースをかけた」という日本語は彼の行為を伝えており、Gebiet である焼き肉の状態を伝えてはいない。文例 (12) も同様である。「彼は私にバケツ一杯の水をかけた」は彼が行った行為を示すものであり、Gebiet である私の状態を示すものではない。前綴り über が非分離動詞として選択されることは、Gebiet が液体で覆われた状態が認知されることなのであるから、その意味内容が伝達されていなければならない。したがって、文例 (11) には、日本語としてのぎこちなさはあるが、「彼はソースを注ぎかけて焼き肉を覆った」、文例 (12) には「彼はバケツ一杯の水を浴びせかけて私を覆った」といったような訳を当てた方が、前綴り über の概念により近い訳であるということになる。

したがって、文例 (11) は (11)' のように、文例 (12) は (12)' のようにして、訳を並記してあげる方がより適切であろう。

- (11)' 彼は焼き肉にソースをかけた。(彼はソースを注ぎかけて焼き肉を覆った.)
- (12)' 彼は私にバケツ一杯の水をかけた。(彼はバケツ一杯の水を浴びせかけて私を覆った.)

5 結論

分離・非分離を分けることになる前綴り *über* の意味的な基準を探るために、液体および容器に関する語を取り上げ、*Gebiet*, *Rand*, *Grenze* の関係の認知意味論的な意味分析を行った。その結果、液体と容器に係わる、*über* を前綴りとする複合動詞は日常的な意味での「へり」が *Grenze* として認知される場合には分離動詞が、認知されない場合には非分離動詞が選択されるという意味論的な原則が分析、抽出できた。

また、*Grenze* が認知されるとは、対象が *Gebiet* の内部から外部へと出ていくことを認知することであり、概念の基礎には「超過」があること、この「超過」を中心に互に関連した「越境」、「移行」の意味的な内容の幅をもつことが分析できた。同時に、*Rand* が認知されるとは、対象が *Gebiet* の内部にとどまっていることを認知することであり、概念の基礎には「被覆」があることも明らかにできた。

更に、ドイツ語の日本語訳にも目を向けた。*Gebiet*, *Rand*, *Grenze* の関係を機軸にした母語話者の分離・非分離の使い分けの意味的な基準が十分に配慮された訳の重要性について検討を加え、原語の意味の認知的な連結関連がとぎれないような配慮が、第二言語を学習する者にとって必至であることが提案できた。既に述べてきたことではあるが、日本語としてこなれた訳が必ずしも分離・非分離の使い分けの意味的な内容を伝えるとは限らない。

一般にある言語を学習する者にとって、学習言語に特有の、いわゆる気の利いた表現が使いこなせるようになることは、言語学習の大きな目標の一つではある。しかし、そのためには、まずある語が選択される条件を正しく理解し、その意味的な内容が正確に理解できるように努めなくては、結局、母語話者が首をかしげるような語の誤用が起こる。これを避けるためには、多少のぎこちなさや中間言語的な表現を使っても、語に伴う意味内容が理解でき、なぜその語がその場所で選ばれたり使用が許されたりするのかといった、基本的な使用条件（概念）が理解できるような意味内容を込めた訳語を当てる努力が必要である。

本稿のごく基本的な分析においてさえ、認知意味論的な意味分析の手法は、分離・非分離の使い分けの複雑に見える意味的な基準を単純化して明瞭にする。今後はこの手法による分析範囲を更に広げ、これによっては前綴り *über* の言語現象が説明できない場合や、分離と非分離を使い分ける前綴り一般について認知意味論的な考察を続け、その意味的な構造概念を明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) Dewell, R. B.: Over again: Image-schema transformations in semantic analysis, *Cognitive Linguistics*, Vol.5-4, (1994), pp.351-380
- 2) Grayling, A. C.: *Wittgenstein*, Oxford University Press (1988) (『ウィットゲンシュタイン』, 岩坂彰訳, 講談社 (1994))
- 3) Hall, T.E: *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, Inc., New York (1960)
- 4) Kecskemeti, P.: *Meaning, Communication and Value*, University of Chicago Press

(1952)

- 5) Lakoff, George and Mark Johnson: *Metaphors We live By*, The University of Chicago Press (1980)
- 6) Lakoff, George: *Women, Fire, and Dangerous Things*, The University of Chicago Press (『認知意味論』, 池上嘉彦ら訳) 大修館書店 (1987)
- 7) Leisi, Ernst: *Der Wortinhalt, Quelle & Meyer/Heidelberg*, (『意味の構造』, 鈴木孝夫訳), 講談社学術文庫 (1953)
- 8) Miyoshi, Sukesaburo: *Neue deutsche Grammatik, verglichen mit der englischen*, (『新独英 比較文法』), 郁文堂 (1977)
- 9) Wittgenstein, L.: *Philosophische Untersuchungen*, Basil Blackwell (1953)
- 10) 国立国語研究所編: 『現代語の助詞・助動詞一用例と実例一』, 秀英出版 (1987)
- 11) 齋藤倫明: 『現代日本語の語構成論的研究一語における形と意味一』, ひつじ書房 (1992)
- 12) 柴田武編: 『ことばの意味 1-3 辞書にかいてないこと』, 平凡社選書 47 平凡社 (1976)
- 13) 大津由起夫編: 『認知心理学 3 言語』, 東京大学出版会 (1998)
- 14) 姫野昌子: 『複合動詞の構造と意味用法』, ひつじ書房 (1999)
- 15) 森田良行: 『基礎日本語 1-3』, 角川書店 (1977)

参考資料

- 1) Apollon deutsche-japanisches Wörterbuch, Dogakusya (1994)
- 2) Casselle's German-English/ English-German Dictionary, Cassell Macmillan (1987)
- 3) Deutsch-japanisches Wörterbuch(Zweite Auflage), Ikubundo (1993)
- 4) Grosses deutsch-japanisches Wörterbuch(Zweite Auflage), Shogakukan (1999)
- 5) Kenkyushas deuth-Japaneishes Wörterbuch, Kenkyusya (1996)
- 6) Leicht verwechselbare Wörter, Duden Taschenbücher, DUDEN (1973)
- 7) Wahrig deutsches Wörterbuch, Gmbh/Lexikothek Verlag (1981)
- 8) Wörterbuch der deutschen und japanischen Gegenwarts-Sprache, Sansyusha (1992)
- 9) Wörterbuch deutsch-japanisch Crown (Zweite Auflage), Sanseido (1997)
- 10) 言泉第 1 版, 小学館 (1987)
- 11) 広辞苑第 5 版, 岩波書店 (1998)
- 12) 大辞林大版, 三省堂 (1988)
- 13) 日本語教育辞典, 大修館書店 (1982)
- 14) 日本語百科大事典, 大修館書店
- 15) 例解新国語辞典第 5 版, 三省堂 (2000)

Cognitive Intention of Separable and Inseparable Compound Verbs in German
– Analyses on the Prefix Über –

Toshiaki Waragai and Akiko Takeda

The prefix "über" in German makes separable and inseparable compound verbs. The aim of this study is to analyze the cognitive intention in the native speakers' choice. Compound verbs concerning liquids and its containers were selected due to the fact that these examples can clearly illustrate our thesis (aim).

By analysing liquids and its container, we extracetd three images of Gebiet, Rand and Grenze determine the cognitive rules. It became clear from the results that separable compound verbs were selected when Grenze was recognized, and inseparable compound verbs were selected when Grenze was not recognized.

In addition, we determined that the separable prefix "über" had the image of "excess" and the inseparable prefix "über" had the image of "cover" in the users.

Moreover we concurrently compared German with Japanese examples and proved that the most important point in proper translation is to express the most exact cognitive intention.

Cyclotron Development at the Institute of Physical and Chemical Research in the 1930s

Shizue HINOKAWA*

Abstract

This paper deals with cyclotron development at Japan's Institute of Physical and Chemical Research during the 1930s. It discusses how the Nuclear Research Laboratory was established and financed, the technology that made the 23-ton cyclotron feasible, the level of research accomplished using this cyclotron, and the roles played by the Japan Society for the Promotion of Science and the Japanese electronics industry in developing a 60-inch cyclotron.

The discussion clarifies two points in particular. First, Japan's nuclear research program made notable progress only when it became possible to produce the research tools entirely on the basis of domestic technology, as was the case with the 26-inch cyclotron. Second, during this decade there was a very pronounced expansion in the scale of scientific research, which was accompanied by fundamental changes in the nature of science and its relationship to society. This was one of the crises that science faced at the time. In response to this crisis, research tools came to be utilized jointly, which encouraged researchers to organize, thereby making scientific research a social activity.

The appearance of the cyclotron, a device for producing high energy charged particles, made the 1930s a very active period for laboratory research in nuclear physics. In 1950 the Japanese physicist Seishi Kikuchi published his recollections of the situation at the time:

by the end of the 1920s, quantum mechanics had been established and, to some extent, solutions had been found for questions outside the nucleus. At last, mainstream theoretical physics was beginning to concentrate on elucidating

*Shizue Hinokawa is Professor of History of Science and Technology at Takushoku University, Tokyo, Japan. This article was originally published as "1930 nendai Rikagaku Kenkyujo ni okeru saikurotoron no kaihatsu shi" in *Tokyo Kogyo Daigaku Jinbunronso* (Humanities Review of Tokyo Institute of Technology), no. 6 (March 1, 1981): 141-56. Translated by Barbara Sugihara.

nuclear phenomena. At the time, however, there was not enough empirical data about atomic nuclei to provide solid foundations for theoretical development. Nuclear experiments mainly involved radiation from materials having natural radioactivity, which was not only of weak intensity but also had limited energy (quantum energy)....

At just about that time, the cyclotron was invented.... Thus, from the latter half of the 1930s into the early 1940s, the cyclotron became the primary tool for the exploration of nuclear phenomena, and it led to many important discoveries.¹⁾

In Japan, too, full-scale experimental research in nuclear physics began with the development of cyclotrons. A brief recapitulation of Japanese cyclotron development and utilization at the Institute of Physical and Chemical Research (IPCR) was published by Asao Sugimoto in 1951, but it is little more than a contemporary researcher's reminiscence and fails to place Japanese cyclotron development and nuclear research within the context of the times.²⁾

This paper will examine Japanese cyclotron development and nuclear research within the framework of global progress in the field, and especially with reference to the historical setting that existed in 1930s Japan. Through an assessment of the financial resources that were applied to cyclotron development, I will shed light on how the contemporary social system supported nuclear research as "purely theoretical study." At the same time, I will analyze the technology that was available to Japanese nuclear scientists, thereby clarifying the close relationship between progress in production technology and the materialization of the cyclotron. Only after examining these factors can nuclear research utilizing the cyclotron in 1930s Japan be placed in historical context.

Establishing and Financing the Nuclear Research Laboratory

At the meeting of the International Research Council's session on Scientific Radio Telegraphy held in Brussels in 1928, Hantaro Nagaoka quickly discerned the global trend toward research on the conversion of elements. The following year he reported on the state of nuclear research in various countries:

At Cambridge, they have built a 600,000-volt transformer and are about to start experiments to extract electrons from matter. In Pasadena, they are experimenting with creating X-rays at 750,000 volts. In Washington, [Gregory] Breit and [Merle A.] Tuve have set up a 5,200,000-volt transformer in compressed oil

and say they are trying to disintegrate atoms. And although he does not say so, it is clear from the process of [William David] Coolidge's research that a cathode ray tube will be useful to transform the elements, after all.³⁾

Yoshio Nishina, who returned from study in Europe in 1928, was entrusted with fulfilling Nagaoka's hopes for full-fledged nuclear research in Japan. The first steps were taken at the quasi-government Institute of Physical and Chemical Research, where research teams under Shoji Nishikawa and Nishina jointly set up a nuclear laboratory in 1935. At the time, IPCR was said to have a research budget beyond all comparison with the national universities, but according to Nishina, even with this generous financing, the new laboratory could not have been established without outside contributions, which came from several sources. A fund for setting up and operating the laboratory was created by the Mitsui Honkwaï Foundation and Tokyo Electric Light Company. Electromagnets, electric generators, and accessories were donated by the Japan Wireless Telegraph Company, through Nagaoka.⁴⁾

Detailed examination of the Mitsui Ho-onkwaï Foundation, which provided substantial, on-going fiscal support for development of both the small and large cyclotrons, sheds light on the nature of the funding that was made available for cyclotron development. The prospectus of the Mitsui Ho-onkwaï Foundation issued in March 1944 indicates that the foundation was established with a basic endowment of ¥30 million by decision of a general meeting of the board of directors of the Mitsui Zaibatsu on October 31, 1933. This move was closely related to a major restructuring of the Mitsui Zaibatsu that had been undertaken the previous month. As one historian has noted, this restructuring was designed "to enhance the zaibatsu's capital holdings while simultaneously adapting to national policy. By entering and developing the weapons industry, firms like Mitsui, Mitsubishi, and Sumitomo extended their monopolistic supremacy, and their interests strongly influenced national policy."⁵⁾

On February 13, 1934, Mitsui submitted applications to establish the foundation to the Ministers of Home Affairs, Education, Agriculture and Forestry, and Commerce and Industry. Permits were issued on March 27, and registration procedures completed on April 5. The 1944 prospectus states that Mitsui had established the foundation because:

Many people awaited the progress of social projects that had as their aim the sound development of society and the interests of the public. Cultural improvement and advancement is the most important element in enhancing and extending national power, but in Japan, such projects were not yet achieving satisfactory results. We felt that promoting them was becoming increasingly urgent and essential as the fortunes of our nation rose. In view of this, we established the Mitsui Ho-onkwaï Foundation to provide grants for, and to plan and execute, projects benefiting society and the public, as well as for projects of a

cultural nature. To this end, we have gradually expanded our programs, aiming to fulfill our long-cherished ambition to benefit the nation in the spirit that has been a Mitsui tradition since the company was founded.⁶⁾

Clearly, the zaibatsu capitalists of the day felt that cultural advancement was essential to enhancing and expanding the strength of the nation and that an organ was needed to encourage projects that benefited society and promoted culture. At the same time, enhancing and extending national strength necessarily meant developing and maintaining high engineering standards, which implied improving and expanding scientific research that could provide the foundations for technological advancement. The Nuclear Research Laboratory at IPCR materialized under these circumstances.

Nagaoka was among the 20 trustees of the Mitsui Ho-onkwai Foundation and also a member of the committee that screened grant applications. In 1935, the Mitsui Ho-onkwai Foundation, presumably under considerable influence from Nagaoka, awarded IPCR a three-year grant totaling ¥150,000 for “the artificial conversion of elements and study of their radiation,” which the foundation felt “deserved to be started because of its great importance but had not been undertaken because it was too costly.”⁷⁾ This seems to have been an important source of funding for the development of the small cyclotron.⁸⁾

The Mitsui Ho-onkwai Foundation continued to support cyclotron research even after responsibility was transferred from IPCR to Subcommittee 10 of the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), which received Mitsui grants of ¥10,000 in 1939 and 1940 for development of a large cyclotron. It should be noted that Tokyo Electric Light Company also contributed ¥100,000 when the Nuclear Research Laboratory was set up, although the details of this transaction are unknown. Thus we see that financial support for the establishment of the Nuclear Research Laboratory and development of a small cyclotron was provided by the private sector, not by a government foundation for the promotion of science.

Technological Foundations for the 23-Ton (Small) Cyclotron

Nishina once said that cyclotron development depended “firstly on the progress of electrical engineering, and also on the development of vacuum technology.”⁹⁾ Advances in vacuum technology, however, were closely tied to the electronic tube industry, as is clearly demonstrated by the way C. R. Burch’s 1928 invention of the oil diffusion pump at the Metropolitan-Vickers Electrical Company in England, facilitated production of the 500kW vacuum tube. In short, cyclotron development in the 1930s depended on technological foundations that came with the development of the electronics industry, including the electronic tube industry.

At IPCR, one of the main items on the opening agenda of the Nuclear Research Laboratory when it was established in 1935 “was the erection of a large cyclotron with an electromagnet weighing at least 100 tons,” and at the time, developing a small cyclotron using a 23-ton electromagnet was considered a preliminary step.¹⁰⁾ But, as will be made clear later, a 23-ton cyclotron was the limit to what could be developed given the Japanese electronics industry’s technological level and orientation to meeting military demand in the 1930s. A great deal of time was needed to complete the 100-ton cyclotron that was so important to Nishina and his associates.

Before discussing cyclotron development per se, however, I would like to examine the underlying technology that was then available, with specific reference to the SN-167 oscillating tube, which was important to forming high-frequency electric fields, and the automatic voltage regulator using a cathode ionization tube with a grid, which played an important role in increasing the intensity of accelerated particle beams.

Progress in short-wave radio communication and development of the SN-167 tube: The 23-ton cyclotron was developed and constructed in less than two years, which was a relatively short time. The key expediting factor seems to have been that it coincided with the great turning point when long-distance radio communication switched from long- to short-wave technology, enabling cyclotron development to draw on both new and old technologies. Specifically, the Poulsen arc generator used for long-wave radio communication had an electromagnet that facilitated creation of the homogeneous magnetic field needed for the cyclotron, and the oscillating tube developed for short-wave radio communication made it possible to create high-frequency electric fields for accelerating charged particles.

Nishina described how these technologies were adopted at the Nuclear Research Laboratory: “The electromagnet was originally used for a Poulsen arc generator at Haranomati Station of the Japan Wireless Telegraph Company. For our purpose it was necessary to change the poles and the coils so that the latter are placed symmetrically on both sides of the gap. The work of reconstruction was done by the Shibaura Engineering Works.”¹¹⁾ In the meanwhile, the oscillator considered necessary to create a high-frequency accelerated field of about 10Mc was built by the Tokyo Electric Radio Company. It had “two SN167 tubes rated at 15KW each...used in a push-pull, tuned grid-tuned plate circuit.”¹²⁾

The SN-167 tube was a product of Japanese electronics engineering, but before looking at how it came to be developed, we need to examine the state of radio communications in Japan. Between about 1925 and 1930, when the world was focusing on the superiority of short waves for long-distance communication, Japan was completely dependent on foreign short-wave technology. The country’s first short-wave transmitter, made by a French firm, SFR, was installed at Iwaki-Tomioka, Fukushima Prefecture, in 1928. A 40kW short-wave

transmitter was later imported from the Radio Corporation of America and installed at Yosami in Aichi Prefecture in time for the London Naval Conference in 1930.

Yoshio Imaoka of Tokyo Electric Company, who developed the SN-167 tube, be-moaned the situation: "To this day, regrettably, all the equipment, regardless of frequency, at Japan's so-called....powerful transmission and broadcasting stations is imported."¹³⁾ So when Japan Wireless Telegraph Company, which had had exclusive responsibility for installing, maintaining, and upgrading the equipment, and Tokyo Electric Company, which had been receiving technical and financial assistance from the major American electronics manufacturer General Electric, agreed to jointly develop the first domestic transmission tube for short-wave communication, it was "a major milestone for Japanese radio."¹⁴⁾ This project also received a grant from the Ministry of Commerce and Industry (Industrial Research Promotion Directive No.1536), making it literally a national project.

Through this cooperative effort, in late 1929 Japanese engineers completed the 20-KW, water-cooled SN-167 short-wave transmission tube. It was promptly adopted in October 1930 for the radio station set up at Oyama, Tochigi Prefecture, for communication with the South Pacific and other parts of the Far East.

Clearly, development of the 23-ton cyclotron at IPCR was contemporaneous with the Japanese electron tube industry's extrication from total dependence on foreign technology. The SN-167 oscillation tube, developed for short-wave radio communication, symbolized Japan's relative independence in this field and was the key to successful development of the small cyclotron.

Note should be taken, however, that behind the relative independence gained by Japan's electron tube industry lay an awareness of the wartime importance of radio communication technology. As one observer has noted: "Out of military necessity, research was begun early on vacuum tubes, encouraging the development of transmission tubes, which were researched far more than reception tubes for civilian use."¹⁵⁾ What is more, in 1934 the radio division of Tokyo Electric Company was made into an independent firm, Tokyo Electric Radio Company. It is ironic, however, that the need to meet military demand that contributed indirectly to Japan's early cyclotron development seems to have later become a major factor impeding development of a larger cyclotron.

Automatic voltage regulator using a cathode ionization tube with a grid: Tameichi Yasaki, who worked with Nishina on cyclotron development at IPCR, described difficulties encountered with the beam intensity of the cyclotron:

The first problem in operating the cyclotron is that the strength of the magnetic field is not stable. Consequently, the motion of ions and high-frequency

