HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	マッハの思想形成の一面 ： 『運動感覚論綱要』の読解
Author(s)	今井, 道夫
Citation	北海道大學文學部紀要, 37(1), 55-87
Issue Date	1988-11-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/33529
Type	departmental bulletin paper
File Information	37(1)_PR55-87.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

マッハの思想形成の一面

――『運動感覚論綱要』の読解――

今井道夫

はじめに

エルンスト・マッハの主著としては『力学史』や『感覚の分析』をあげなければならない。そこに彼の基本的思想がみられるし、そしてこれらの著作をとおしてマッハの思想は共鳴をよび、批判された。だが彼の思想形成において画期的であったのは『仕事保存の原理の歴史と起源』(一八七二年)[1]と『運動感覚論綱要』(一八七五年)[2]であると思われる。前者は『力学史』等の科学史的考察に連らなる仕事であり、後者は『感覚の分析』に連らなる仕事である。ここではまず『仕事保存の原理の歴史と起源』について簡単にふれておく必要があろう。これについては、すでにその位置と意義に着目する見解も出てきている。たとえば次のようにいわれる。

「マッハの思想の原点を知るためには、彼が一八七一年に行なった講演『仕事の保存律の歴史と根元』をまず検討しておくのがよい。マッハ自身、『力学』のなかで何度も、本書の観点は『歴史と根元』で初めて述べられたものだと注意しているからである。[3]」

『仕事保存の原理の歴史と起源』できわだっているのは、歴史的観点である。この序文で、奇妙な現実と折り合う方法としてふたつあろうとマッハはいう。ひとつはそうした奇妙な現実、謎に慣れ、それ以上そのことに悩まされないことであり、もうひとつは歴史の手引きにより、その謎をなんのうらみもなく理解することである。

歴史研究は、自明とされているものをあらためて疑問とし、問いなおす作業ともなるであろう。こうした歴史研究は、マッハによれば、一般に認知されていない。マッハは若い頃こうした歴史研究に興味をもったが専門家の理解を得られずにいた。だが最近になって著名な学者もこれに取り組み始めたという。

さて、ここで彼の形而上学批判が登場する。「形而上学的といわれるのは、我々がどのようにしてその概念に到達したかを忘れてしまった概念」(S・2)である。ここで、事実ないし現実を超越したという言い方をしていないことに注意しなければならない。あくまで経験主義の立場に立っているのである。

科学は生成し、変化してゆくものである。

「歴史の導きの手を離さないようにしよう。歴史はすべてをつくり出し、歴史はすべてを変えることができる。」(S・3)

マッハのこのような歴史的視点の強調は、この序文にみられる情熱的な口調をもってしてはわかりにくいところもある。しかしそれがこの小著を書かせ、また『力学史』等の大著を書かせたのである。

この本の主題は、いわゆる「仕事保存の原理」という物理学上のきわだった原理を歴史的に解き明かすことにある。マッハによれば、仕事保存の原理はふたつの仕方で表現される。

1、$\frac{1}{2}\sum mv^2-\frac{1}{2}\sum mv_0^2=\int\sum(Xdx+Ydy+Zdz)$

または、

2、無から仕事を作り出すこと、あるいは永久機関は不可能である。（S・4）

というかたちかのいずれかである。

「この原理を通常、力学的世界観の絶頂とみなすのがつねである。何百年にわたる思考作業がはじめてもたらした自然科学の最高の、もっとも普遍的な原理とみなすのがつねである。」（S・4）

マッハはこれはけして新しいものではなく、古くからあるものであり、たしかに近世物理科学のもっとも重要な基礎把握となったが、それは力学的世界観と運命をともにするものではないという。

いま、この歴史叙述には立ち入らない。そこには、たぶん、興味深いマッハの見方があるであろうし、『力学史』への展開、あるいは、そもそも『力学史』を読み解く鍵も得られるであろう。

歴史的論理的叙述とならんで、あるいは相即して、因果論の考察、時空についての考察がなされていることが注目される。マッハは因果法則は現象の相互依存に帰着すると捉えている。また、因果法則に時間と空間の契機を入れることはよけいであると考える。時間と空間そのものがたんに現象間の規定から出てくるにすぎないと考えるからである。このことの評価についてはここではふれないが、特に時間について、宇宙には時間は存在しないとくわしく述べている。この辺の叙述には、科学的態度をこえたある執念すら感じさせるものがある。こうした時間、空間の独自性を否定し、また因果法則を函数関係に帰着させる考えが、この書を通じて明確に押し出されていることを確認してお

けばよいであろう。

『歴史と起源』にみられるこのような主張は、マッハの一貫した主張であり、またもっともきわだった主張である。そのため、世紀初頭のマッハ哲学批判でもこの種の主張に批判が集中することが多かった。しかし、これと切り離されてあるわけではないけれども、マッハには、感官生理学的研究に発するもうひとつの基盤があったことを忘れてはならない。それはやがて『感覚の分析』へと結実してゆくものである。それゆえ『感覚の分析』を仔細に読めば、マッハの方向が読みとれるはずであるのだが、それが多方面にわたり、また一般化されているため、かえって困難にもなっている。『通俗科学講義』などにみられる感官生理学的叙述にしても、概説的であるため、そうした印象を受ける。ひとつのテーマを集中的に扱い、それによりマッハの感官生理学的研究の画期をなしたこの科学的著作『運動感覚論綱要』を内容的にみてゆくことは、マッハの思想形成理解にとって重要であろう。そして物理学と感官生理学の両方を基盤としたマッハの思想理解にとって不可決であろう。

マッハの『運動感覚論綱要』の読解

『運動感覚論綱要』は運動感覚というひとつの特殊なテーマにむけられたものである。そしてヨーゼフ・ブロイアーおよびアレクサンダー・クラム・ブラウンとその発見の功績を分かちあわなければならないにしても、一個のすぐれた科学的業績を叙述したものである。それはマッハの感官生理学へのかかわりのひとつにしかすぎないといえるし、科学論文という性格が強いため、認識論的考察にそれほど立ち入っていない。

ラトリッフ「マッハの感覚の分析への寄与について」において、彼はマッハのこの方面での寄与を次の四項目にま

とめている。

（1）運動による音調と色調の変化について（ドップラー効果）。

（2）運動感覚のさいの、内耳の三半規官の役割について。

（3）網膜点の相互依存性と、明るさと形の知覚に対するその影響について。

（4）生理学的空間と幾何学的空間との関係について。[4]

これからすれば、運動感覚論は、マッハのこの領域での仕事の一部にしかすぎないということもできよう。しかし、ラトリッフもこの（2）の仕事について次のようにいうことをためらわない。

「三半規管の機能にかんするマッハの仕事以上に感覚過程の研究への物理学概念の彼の適用がよく例示されているところはない。事実、問題の性質への明確な洞察を与えそれの速やかな解決へ導いたのは力学と流体力学についての彼の知識であった。しかしひとつの学科から他の学科への道は一方通行ではない。じっさい、運動感覚にかんしてマッハによってなされたこれらの実験から出てきた諸観念は、絶対空間、絶対運動という物理学概念への彼の批判の根底にある諸観念のいくつかからそれほどへだたっておらず、そしてそこに通ずるものであったといってよい。[5]」

マッハの感官生理学への関与は、もともと物理学的概念装置を用いながらなされているといえるが、ラトリッフによれば、運動感覚の研究は、こうしたマッハの感官生理学的方面での研究を代表するものであり、のみならず、物理学を含めた彼の科学論の根底にかかわるものといえることになる。

ラトリッフのようにいえるかはともかく、こうした見解もあることは、『運動感覚論綱要』の検討へと我々を誘わずにはおかない。

マッハによれば、本書が試みるのはプルキンエ(プルキニエ)、フルラーンス、ゴルツが切り拓いた生理学の一章の記述である。そしてそのさい、特に、問題の物理学的側面に重点を置くと断っている(「前書」、S・Ⅲ)。そこでまず、彼は序論において、その「生理学の一章」の内容を概観する。

それは「我々の身体の能動的あるいは受動的な運動にともなって生じ、そしてその運動の方向と程度を認識するために我々が利用しているところの、特徴的な感覚」すなわち運動感覚である(S・1)。そして「この運動感覚の源泉を探索して身体の運動へのそれの依存関係を見出すことが本書の課題である。」(S・1)プルキンエはこうした運動感覚の特殊ケースである回転性眩暈に注目して研究しており、フルラーンスは動物の内耳迷路の半規管(Bogengänge)の切除によりこれが生じることを示した。マッハの見解というのは、「ある種の迷路神経がそれの特殊エネルギーにより、あらゆる刺激に運動感覚をもって答える」というものである。なおこの刺激は「迷路の中身自体によって措定される」ものである(S・3)。こうした見方はマッハの最初の発表のすぐあと、ブロイアーによって、またブラウンによって似たようなかたちで独立に展開されている(S・3)。

前書(Vorwort)、序論(Einleitung)および角加速度の識閾についての実験結果を補足的に述べた「付録」を除き、本書は次のような章だてで書き進められている。(なお原書には番号はふられていない。)

1. 力学の基本法則
2. 運動を加えられた人と動物にあらわれる現象

3. フルラーンスの実験
4. フルラーンスの実験を想起させる現象
5. 運動感覚と他の感官感覚との比較
6. 現象のさらなる探究
7. 現象の理論
8. 結論

全般的な特色は、すでにふれたように、問題の物理学的側面に重点を置いていることである。マッハは次のようにもいっている。

「私の見解を導き、それを基礎づけるのに十分である諸事実は総じて一八二四年以来、したがって半世紀以来既知のものとなっている。もしこの見解がこれまで登場したことがなかったとすれば、それの示しているのは、単純な物理学的考察でも生理学者にとっては必ずしも十分に身近なものではないということであり、それゆえに私は物理学者としてこの機会に一言口をさしはさむ権利を行使したのである。」(S・3f.)

マッハは一八七三年十一月六日付で「人の平衡感覚についての物理学的研究」の第一報告を出し、翌年、第二、第三報告を出すことになる。第一報告発表直後、ブロイアーはそれを知り、自分の既に得ていた成果を予定を早めて十一月十四日付で公表する。またクラム・ブラウンは独自に翌年一月十九日付で最初の報告をする。『運動感覚論綱要』は一八七五年刊であるが、マッハは一八七四年八月付で「前書」を書いているから、第一報告発表以後、ブロイアー

やブラウンの報告が出てきたのにせかされるようなかたちで、それまでに蓄積してきた当該テーマにかんする成果をまとめ、自分の視点より体系的に見通しをつけようと試みたのであろう。冒頭で、「本書は、ほかでもないプルキンエ(プルキニエ)、フルランス、ゴルツが最初の基礎を据えた生理学の一章の、より完全な叙述(vollständigere Darstellung)をはじめて試みるものである」(S・Ⅲ)といっているが「完全な」とはいわず「より完全な」(あるいは「比較的完全な」)といって多少の含みをもたせているものの、マッハの気負いも感じられるであろう。今後の実験的理論的研究によってさらに解明され訂正されなければならないところが出てくるにしても、この書によってマッハは運動感覚の問題へのパースペクティヴの確立をはかろうとしたのだといってよい。

他面、その気負いを裏づけるだけの理論的実験的蓄積もあるとはいえ、おそらくは短期間に仕上げられたために、叙述が必ずしも整然と展開されているとはいえない。さらにいえば、種々まわり道をした上で、主要な成果を結論部分で十一項目にわたって列挙しているので、これをみれば当該テーマへの解答を知ることができるわけである。だが我々の関心が、そうした箇条書的報告だけにあるのではなく、問題状況やマッハの思考方法にもむかうのであるとすれば、やはり、マッハの叙述をあるていど追っていかなければならない。それで以下ではそのごく基本的道筋をたどってみたい。

すでに前書や序文でマッハが強調しているように、この生理学的問題の物理学的側面の追究の弱さが問題の解明を遅らせたという認識があった。そしてマッハ自身、物理学者として、この面を足場にしてみずからの独自的視点を確立しようとしていた。それゆえに、マッハは力学の基本法則の叙述から始める。

〔1〕 力学の基本法則

マッハはまず冒頭、次のようにいう。

「我々の身体の運動はつねに力学的過程である。特別な運動感覚が存在するとすれば、それの最終的起源はいずれにしてもまたつねに力学的過程のうちにある。」(S・6)

『仕事保存の原理の歴史と起源』でみられた力学批判の先峰マッハの発言としては意外にも思えるが、マッハは力学の絶対化を批判しただけであり、力学の位置に十分注意を払ってこなかったこれまでの運動感覚論へのアンチテーゼとして、こうして力学の位置の確認をしているのである。

まず「ガリレイ＝ニュートンの時代」においてすでに得られた「洞察」が説明される。そこでなされているのは、ごく教科書的な叙述ともいえるが、まず物体の速度変化(加速度)から説き起こし、しかもそれは他の物体との関係によって成立するものであるとし、その上でそのさいの各物体の動きを規定するものとして質量関係を導出してゆく。さらにある物体の一連の他の諸物体との質量関係から、その物体の質量を取り出してくる。そうした質量と加速度の積として、「通常の用法でいう」「諸力(Kräfte)」という概念がはじめて登場させられる。

こうした叙述の方向性はマッハ独自のものとはいえないにしても、マッハの物理学理解の特色があらわれているといえよう(6)。そうした基本法則の叙述の延長上で、我々の身体が質量との相互作用において感覚する、圧(Druck)——これも質量と加速度との積によってその大きさが示される——の概念も提出され、運動感覚解明への準備にも注意が払われている。

さて、マッハの力学の基本法則の叙述で中心をなすのは、重心の定理（重心保存則）と面積の定理（平面保存則）である。それぞれは自由な、他からの力の加わらない質量体系内において成り立つものである。重心の定理は、その体系内で運動が生じても、重心点には変化がなく保存されるというものである。自由な質量体系に対するもうひとつの一般法則は面積の定理である。これは今日いう角運動量保存法則の積分の形であり、これと同じと考えてよい。[7]

重心の定理は前進運動（直進運動）の把握のさいに、面積の定理は回転運動の把握のさいに有効である。自由な質量体系をひとりの人の身体にとることもできようし、またその身体の一部、あるいは身体と身体を載せた装置の両方にとることもできる。

マッハはここで様々な例、モデルを引いてこのふたつの定理の直観的理解につとめている。[8]

〔2〕 運動を加えられた人と動物にあらわれる現象

ここでは運動を加えられた人や動物が、どのような条件においてその運動を感覚するかが考察される。いくつかの実験がそこで報告されている。

最初に示される一連の実験は木枠のなかにさらに木枠を設置し、それぞれが鉛直軸に回転するようにした装置による実験である。そこで結論される主な事柄は、まず、（すでにこの節のはじめで運動感覚の生じるのは加速度運動であることが示唆されているが、）回転運動において感覚されるのは角加速度であることである。さらに回転運動を感覚するさいに、頭の位置が基準になり、他の身体部位の位置は直接関係してこないとされる。また結果として生じてくる質量加速度の方向をもって鉛直方向とみなしていることが確認される。

次に同じ装置を用いて、こんどは等速回転中に頭の位置を変化させることによって生ずる独特な回転感覚が記述される。それからふたたび、頭が運動感覚に深くかかわっていることが確証される。

次に前進運動（直進運動）の感覚が検討される。ここでも感覚されるのは加速度であり、等速運動のばあいは感覚が生じない。また加速度運動であっても等量的加速が続くとついには感覚されなくなる。（これは、回転運動についても、あとでそのように報告されている。）前進加速度のばあいも感覚の座を頭に想定しえる。

以上のように回転運動の感覚と前進運動の感覚は共通するところが多いが、それと同時にいくつかの違いにもここで言及されている。前進運動に比べ回転運動の方が回転性眩暈のかたちでよりたやすく錯覚を引き起こす。前進運動感覚もその主要な座を頭に求めることができるが、回転運動のばあいに比べ、体全体で感覚する度合は前進運動の方が強いように思われる。

さらに回転運動と前進運動が併行しておこる装置による分析もなされている。

次に動物についての実験が試みられる。人のばあいは自分自身において観察することになる。それは、マッハのこの書において、ふつう生理学や心理学の実験で「被験者（Gegenstand）」にあたる者に「観察者（Beobachter）」ということばがあてられていることからもわかる。つまり、よきにつけあしきにつけ主観的確実性がその基盤である。それに対して動物実験のばあいはその成果を同時に人々に示すことができという利点がある。そして半面、解釈における恣意性の危険は増大することになる。ここではふたつの実験が示される。ひとつはハトについての実験である。遠心機の回転板の上にハトを載せ、ガラスの蓋をかぶせて観察すると、ハトがこの回転運動を感覚し、その運動を補償しようとしたりして対応する様が観察できる。また回転を急に止めると、痙攣運動をしたり、回転を受けた方向にみ

ずから回り始めたりする様がみられる。このハトの実験のばあい頭の位置と運動感覚の相関関係を捉えることはできない。それで次にウサギを長い棺状の木箱に入れて、頭を含めた体の位置を固定した上で、回転板の上に載せる。立たせたり、左または右を下にして寝かせたりして、回転方向に対して頭の位置を変えつつ実験を試みることができる。

以上でみられたのはすべて受動的運動である。能動的運動は、そのための筋肉の緊張が招来する感覚が本来の運動感覚を蔽ってしまうおそれがあるので、運動感覚の分析には受動的運動の方が適していると考えられる。それで、能動運動については人が垂直に立って身体の中心軸のまわりをまわるばあいだけがとりあげられ、そこにおいて生ずる視覚眩暈と触覚眩暈が考察される。

〔3〕 フルラーンスの実験

マッハが本書のテーマとなる諸事実はすでに半世紀以上既知のものとなっていると序文で語るとき、それは主としてプルキンエとフルラーンスによる探究をさしている。そして前節での考察は、眩暈の問題まで含めてプルキンエの探究の方をたどるかたちにもなっているようであるが、ここではフルラーンスの実験をじかにとりあげて、検討している。

フルラーンスは聴覚能力の探究にあたって、聴覚器官を次々と破壊していった。そのさい三半規管を処置しても聴覚は影響を受けないが、それによって動物がひじょうに奇異な運動をすることがわかった。ハトについてフルラーンスは試みている。それによると、水平の半規管を切断したり針でさしたりすると、ハトはひじょうに痛がり、そして水平方向に左右にはげしい頭の振り子運動をする。これはいちおうおさまっても、それに運動実験をほどこすたびに

再現する。ハトは進もうとすると、その動きは乱れ、眩暈をともなった状態におちいる。ときには、鉛直を軸にした回転運動をしたりする。

一般に水平の左右半規管を切断すると上述のような結果が生じ、下方の垂直の両半規管が切断されると、はげしい頭の上下運動がおこり、しばしば前にでんぐり返る。そしてこれと併行して眼球運動が生じることを確認している。ウサギでもフルラーンスは実験を試み、同様の結果を得た。

マッハによれば、フルラーンスの実験から出てくる「もっとも自然な想定は、当の神経がそれのもつ特殊エネルギーによって刺激され運動感覚を興発するというものである。」(S・44)フルラーンス自身は、しかし、そうした見解にむかうのに十分な実験成果をあげているにもかかわらず、そのような原理的解明には至りえなかった。

こうしたフルラーンスの実験的成果に対して、本質的に新しい把握を提出したのはゴルツであり、それはもう、一八七〇年のことである。彼自身のことばを引けば、それは次のような見解である。

「半規管が聴覚器官であるかどうかは未解決である。とはいえそれは、平衡の維持に役だつ装置を形成している。それはいわば、頭の、間接的には全身体の平衡のための感覚器官である。」(S・45)

このゴルツの見解は、マッハやブロイアー、ブラウンが彼らの理論を展開する基礎となったといってよい。彼らの課題は、ゴルツの半規管のそうした機能に対するスタティックな解剖学的説明をダイナミックな総合的説明に置き換えることにあったといえよう。

マッハはさらにフルラーンスの実験とそれにかかわる理論の批判をした諸説にふれるが、そのなかで特にベットヒ

ャーの説に立ち入っている。ベットヒャーの批判は、フルラーンスの実験にみられる頭の上下運動や振り子運動、また運動障害、平衡障害の原因を半規管に求める見方に対する反論を骨子としている。ベットヒャーはその原因を中枢器官の方に求める。つまりはベットヒャーにおいては脳の損傷が上述の種々の障害の主因をなすとされる。半規官の切断による奇異な運動や障害は、その切断によって受ける脳の障害によるということになる。しかし、こうした運動障害は脳に起因するものではないということは、フルラーンスにおいて確認されていたことである。

ここで必ずしも明示されていないが、ベットヒャーとマッハの立場の相違には、認識論的な相違も伏在しているといえよう。マッハは脳が感覚するということに対して、脳への一元化に対して、それをできるだけ避けようとする指向がみられるのである。マッハはここではいちおう次のようなかたちで対応している。

「振り子運動と回転運動が半規管自体の切断と関連していることがひとたび認められるならば、私には、ベットヒャーの仕事のあとでも、もっとも自然な見方は相変らず私によって出されたもの――膨大部神経はその特殊エネルギーによりあらゆる刺激に回転感覚でもって応答する――であるように思われる。」(S・49)

このマッハの説が、もっとも自然な見方(natürlichste Ansicht)であるとされる。次のページでくり返し、マッハの試みた現象解釈がもっとも自然な解釈(natürlichste Deutung)であり、ブロイアーとブラウンもまたそれに思い至ったのであるといっている。それゆえに、ベットヒャーの論文にもかかわらず、自分の仮説を固持するのは正当だと信じるといっている。こうした言い方のうちに、マッハの認識論上の方向が暗示されているということもできる。

〔4〕 フルランースの実験を想起させる現象

まず、耳鳴りをともなう難聴、呕吐、眩暈、回転運動についてのメニエールの研究について言及される。その原因は、三半規管中の浸出液にあるとされる。そのことは動物においても観察された。

こうした現象が三半規管の罹患によるとみられるかぎり問題はないが、さらに進んで、こうした三半規管という末端器官によって興発されることは、同様に中枢器官が原因で興発される可能性も出てくるわけであり、そのことをマッハも否定しない。たとえば小脳が萎縮した患者に同じような症状がみられることがありうる。その他、種々の運動感情〔感覚〕[9]が中枢器官において興発されることがありうる。

さらに耳から耳へ電流を通すという、ずっと以前にリッターやプルキンエによって試みられ、最近になってヒッツィヒによって注意深く追試された実験に言及する。そのばあい、頭ないし体が陰極側に倒れる感覚をもつ。電流が強いと実際にそちらに揺れるので、その現象を客観的にも観察しうる。また眼球運動もともなう。この現象をヒッツィヒは小脳への作用から説明するのに対し、ブロイアーやマッハは内耳迷路への作用を想定した。ブロイアーはいまもそれをとっているが、マッハはそれに難点を見出し始めている。かといってヒッツィヒ説をとるというのではない。実験的に検証されあらためられていくことがあるにしても、こうした方向にもマッハやブロイアーの認識論的指向は読みとれる。

〔5〕 運動感覚と他の感官感覚との比較

ここではまず彼の感覚論が、いわゆる要素論の立場が提示される。そしてそうした要素の節約的記述に科学的探究

が存することが説かれる。次に刺激―感覚のメカニズムにかんする特殊エネルギー説の立場が唱道される。「感覚作業はすなわち刺激によって果たされるのではなく、刺激はたんに感覚器官のうちにある他の諸力による作業解発のための誘因にすぎない。」(S・55)刺激が直接感覚を引き起こすという単純なメカニズムによるのではなく、右のようなリレー方式によるのであり、そこにまた、感覚器官の高度の可感性も依拠している。刺激が消失しても感覚が継続することがあるが、それは感覚器官における解発の作業が継続しているためであるとして、容易に説明がつく。こうして生ずるのがいわゆる「陽性残像」である。

ここで残像にかんするプラトーの見解がとりあげられる。長い刺激のあと、それが除去されたとき、通常の状態に復するわけであるが、そのさい、ちょうどバネがもとに戻るときにそうするように、陽相と陰相を往復しつつ減衰してゆくという捉え方である。マッハは、たしかにそういう例が多くみられるが、いつまでもというわけではないし、陽相と陰相という捉え方も適切ではないと考える。

先の感覚のメカニズムを考えれば、残像が生じるのは理解できる。しかしまた、逆に長い刺激に対して器官の方が消耗してくる、つまりは感覚がうすれてくるという現象もある。

まず聴覚のばあいがとりあげられるが、残音は直接感覚することが難しく、また陰性の音響感覚――つまり一方が他方を揚棄するような音響感覚――は存在しない。それで以下ではこれがもっとも明確にあらわれる視覚の領域に考察がむけられる。

そこで問題にされるのは、プラトーやオッペルによって試みられた錯視の実験である。円板の上にラセン的に拡がる縞を描き、それを回転させてゆくと、そのうねりが拡がってゆくように見えたのが、急に止めると、その円板ない

し見つめた部分が縮むように見える。そのうねりが収束する方向にまわして急に止めると、逆のことがおこる、プラトーとオッペルは、こうした運動残像は網膜中の過程によるものと想定している。さらにもっと手のこんだドヴォルザークの実験にもふれ、この視覚的運動残像が、光や色の残像と同じく網膜の局所的現象であることが確認される。

ところでマッハがここでこの問題に言及したのは、プラトーが、刺激変化の残像として理解されるこうした現象を、運動感覚にも適用しているからだという。マッハはそれは妥当ではないと考えており、それを以下に説明する。

ここでさらに光の強度の変化についての実験を引き、残像が、最初の網膜の興発の陰性の対抗として特徴づけられるとする。しかし、この経過は振動的ではない。

マッハがここでプラトーらの残像実験を引いたのは、運動感覚との比較をおこなうためであった。マッハは、彼がここでとりあげたような視覚のメカニズムを扱ったときに立て、いまでも維持しえる仮説として次をあげる。

「感覚質を心理学的に感覚過程のうちで区別しえるためには、それだけ多くの異なった物理学的過程を受け入れなければならない。」(S・63)

かくして、上述の残像に対して、網膜における物理学的過程が想定されたわけである。

それと同じように——視覚に対して網膜があるように——運動感覚についてもその特殊器官を想定するのが適当である。

そして先の視覚のメカニズムとの対比において運動感覚の性格が示される。運動感覚は、ある身体諸部分の加速度差異によって興発される。加速度が運動感覚に対する刺激として働くのである。加速度が消失しても運動感覚はさら

に持続する。他面、加速度が持続していても、運動感覚は消失してゆく。ここではプラトーの法則は妥当しない。すなわち、刺激の消失のさいにいかなる陰性の運動感覚もあらわれない。加速度がやむとともに運動感覚は反対相に転化することなくじょじょに消滅する。反対の運動感覚が生じるためには、反対方向の加速度が必要である。さらにマッハは、後にみる三半規管の計六つの各個別の働きを予示するようなかたちで次のようにつづける。相反する加速度は、相互に似た器官によって媒介される。しかしこの過程は両者が同時に出現すると相殺しあう。それはいくつかの相互に似ているが反対に働く器官があり、それらが反対の加速度によって刺激されるからであるとされる。

〔6〕 現象のさらなる探究

すでに内耳迷路が運動感覚のための主要な器官であることが示唆されているわけであるが、ここであらためて、他の身体諸部分が運動感覚の源泉となっていないかが考察される。そこで、以下の身体諸部分が順次、検討される。(a)結締組織と骨、(b)皮膚、(c)筋肉、(d)血液、(e)眼、(f)脳、(g)頭の中の独自の器官。これらについてのマッハの考察を簡単に追っておこう。

(a) 結締組織と骨

これらが可感的神経組織を包合している以上、加速度が、この転位によって生じる牽引や圧迫の感覚を引き起こすことになるのはたしかである。しかし、それは加速と転位の方向を明確に与えることはできない。他方、我々はこの方向をはっきりと感覚するわけであるから、これらに運動感覚の源泉を求めることは無理であるとマッハはいう。

(b) 皮膚

受動的運動のばあいに皮膚をとおして身体に加速度が伝えられるし、能動的運動のばあいも、皮膚をとおして支えを得ることが必要である。そこから、運動感覚は皮膚感覚にもとづくのではないかという考えが出てきえる。これについてマッハは、皮膚感覚は変容しやすく、運動感覚に対して重要な役割を果たすとは考えにくいという。マッハはふたつの実験により、そのことを明らかにする。また、ある力を与えたときの皮膚に受ける運動量を積分値で示し、この一定の積分値に対してしかしながら運動感覚はほとんど対応していないという。

（c）筋肉

筋肉にある種の筋肉感(Muskelgefühl)が存在することを認めてよいとマッハは考える。そしてこの筋肉感は、能動的受動的運動の知識を媒介する役を果たすことができる。

しかし運動にさいしての身体各部の筋肉の緊張ははっきりした連動を示さないし、特殊な神経興発も必要とされない。かりに運動感覚が筋肉緊張に発するとするなら、人が受動的運動をどういう位置で受けとめるかによって運動感覚はひじょうに異なってこざるをえない。マッハはここでそうした六つの実験を列挙する。そこでは筋肉の働きにより、実際にはほとんど回転していないのに回転を感じたり、あるいは、実際の回転傾向と反対の回転を感じたるする例があげられている。筋肉感もしたがって運動感覚の器官というには不適当である。

さらに同じ受動運動についても、筋肉感を装置によって人為的に変えることができる。そうした実験をマッハはふたつあげる。そのさい、筋肉感は正反対になったりするが、にもかかわらず、人は運動の方向と量について見誤ることはない。このことが示しているのは、こうした筋肉感が、皮膚感のばあいと同じく、我々の運動感覚のもとになるものではないということである。

（d）血液

血液は、その他の体液も含めて、転位の徴表を提供するのに適しているように思われる。一般に身体の液体部分は、急速な加速度に対して、その反対方向に押し寄せる。とはいえ、血液分布はひじょうに可変的で身体位置やその活動状況、栄養作用によって規定されている。激しい運動のさいの血圧の変化といった問題もあり、それは血液分布にも影響しよう。血圧や血液分布はしたがって、運動以外の要因にも左右されている上、それらをもって運動感覚を直接興発するとするのは困難であるとマッハは考える。そして、水槽の方を動かすことにより身体を水槽につからせたり――これにより血液は重さを失う――出したるする実験のさい、運動感覚が生じないことを示し、上述のことの証拠とする。

（e）眼

眼は身体の回転運動にとって重要な意味をもっている。それはプルキンエ以来周知のものとなっている眼振（ニュスタグムス）という現象のためである。これは回転感覚を外に示すもっとも明確な徴表をなすといってもよいぐらいである。

マッハはまずプルキンエを引用することから始める。プルキンエによれば、回転のさい、眼はおのれの運動により、たえず変わる空間関係を調停して対象を相対的静止の状態に保つ。しかし眼は眼筋の疲労により、凝視しはじめ、痙攣的断続的な動きとなり、対象は今は動き次には静止するというぐあいになる。ついにはこうした抗争も終り、不随意的に固定した眼は他の身体部分と等質的に動く。最初から眼があるものを凝視するようにすれば、すぐに痙攣的動きをとりはじめる。あるていどの回転ののち急に止まると、眩暈運動が生じる。ここでは同一視野が反復してあらわ

れるが、それは眼球の振動によっている。眼がそのように振動していることは眼にふれることによってわかる。近くの物を凝視するよう努めることにより、その眩暈運動を止めることができる。この眼性眩暈は、相互に反対の方向にむかう無意識的不随意的筋肉作用と意識的随意的筋肉作用によって条件づけられている。

ブロイアーはこうしたプルキンエの観察にさらに新しい実験を加え、プルキンエの理論を本質的に改良した、とマッハはいう。ブロイアーは一回の能動的回転のさい、約十回の眼球移動を見出す。眼球は頭の回転にともなって最初は回転の後方に動き、そして突然追いかける。ブロイアーによれば、頭の回転にさいして、眼は慣性や凝視努力によってではなく、三半規管によって興発された筋肉作用によって一時残留し、そのあとピクッという仕方で頭の運動を追うのである。しばらくすると眼球運動はやみ、眼は頭に対する相対的位置を保つようになる。回転の突然の停止によって眼球運動はふたたびあらわれる。このさいには眼球は回転方向にゆっくりと進み、逆方向にピクッと戻る。これは回転開始のばあいと同じく、反射機構によるものと考えられる。ここにおいて眼性眩暈が生じる。

上述のブロイアーの説に対して、マッハ自身は眼性眩暈は眼球運動に制約されないという考えをとっていた。それは回転のさい、同時に回転するものを凝視して眼球運動を抑えても、眼性眩暈はなくならないことからわかる。ただしこれに対しブロイアーは、そのばあい眼性眩暈は弱まり、眼振運動も小さくなるとしており、マッハと意見が分かれている。

網膜上の像の運動は、意識的な眼球運動によってもたらされたものでないかぎり、空間中の客体の運動とみられる。しかし、実験により、網膜上に静止している像も動いて見えることがある。そしてこうして生ずる運動表象を理解するために、視覚空間を、我々が我々の運動感覚から構成する第二の空間に関連づけることをマッハは考えている。

かくして視覚と運動感覚の相互作用が生ずる。そうした実験をマッハは三つあげる。頭上に円板を置きそこから円筒状に紙帯をたらし、等距離に鉛直線を書き込む。これをまわしてしばらくたつと、あるときはまわりの紙帯が回転しているように思え、あるときは自分やその紙におおわれていない物が逆方向に回転するように思え、あるときは自分が静止しているように思える。またこのさい観察者の足下の回転装置をもまわして、その円筒との相対的運動による運動の感覚をみたり、さらに回転のさい観察者の頭を傾ける試みなどがなされる。

ガルヴァーニ電気の刺激によって眼球運動が生ずる。ヒッツィヒによるとそれはちょうど、眼振と同様の動きを示す。ただし運動の方向は電流を通す位置に依存している。ブロイアーはこの運動をも三半規管の刺激へと還元する。これに対してヒッツィヒは中枢器官への作用に求めている。これについてマッハは未解決であるとしている。

さらにマッハは視覚的擬似運動を眼球運動から説明することの困難を示す別の例として、立体視の例を引く。ハリガネでつくった立方体を単眼でみると、ひとつの角が凸に見えたり凹に見えたりする。つまり単眼の網膜像は遠近法的には種々の解釈を許す。こうした立体視においてある装置をほどこすと、視覚が頭の動きに左右されたりする。さらに次のようにもいう。

「したがって網膜像はある種の変化をこうむるが、そこから客体の変化の知覚は生じないということがありうる。ここでもまた、あたかも視空間とは異なった特殊な表象空間が存在するかのように思われる。」(S・89)

眼性眩暈の現象について、結論的には次のようにいわれる——それは、運動感覚によって反射的に解発される眼球運動によって説明される。ただしそれとともに、この説明が適用できない個別現象も残っている。

（f）脳

運動感覚の源泉をなすものが頭中にあるとなると、この感覚を脳への直接的作用から導出するという考えが容易に出てくる。プルキンエがこうした考えをとっている。つまり頭蓋中で、脳は、運動にさいして、他とずれた動きをしないまでも、それにより凝集力の変化や運動傾向を示し、じっさいの運動がおさまったのちもしばらく残存して眩暈の原因となる。——しかしマッハによれば、この見解は、感覚と感覚を興発する手段との混同にもとづいている。

だが、脳中の運動感覚の器官が脳運動によって興発されるという見方をとる人もいるであろう。ヒッツィヒがそれを代弁し、ヴントによって受け容れられた。ヒッツィヒはウサギの後頭部を切開して氷か水を入れて、回転性眩暈を起こすことに成功した。つまり脳の直接的興発が眩暈を引き起こすことを証拠だてた。しかしマッハは、回転感覚の質等を考慮するとき、脳がじっさいの回転を感覚しうるということは不確かでありちょうどそれは脳表面にレンズで結ばれた像が判明に見られることを期待するようなものだという。

（g）頭中の独自の器官

頭の中に運動感覚の器官のあることは、回転中断後の頭の位置の変化についてのプルキンエの実験によって証明されている。これに対して、そのさいの首の筋肉の作用などがそれに影響しているのではないかという反論も予想されるとして、所説を擁護する実験をふたつ提出する。

眼性眩暈と触覚眩暈もまた頭の位置に依存している。プルキンエは、これを一時的順応によって得られた眼球運動と筋肉運動の無意識的続行によるものとしている。それに対してブロイアーは、これを運動感覚の器官に発する無意識運動の反射的解発によるものとしている。回転の開始と終了時に眼球の間欠的運動が逆になるということがあるの

で、マッハはブロイアー説の方を有利とみている。また触覚眩暈にさいしては、眼球のばあいと異なり、四肢の位置の急速な変化がともないえるので、話は複雑になってくる。

〔7〕 現象の理論

運動感覚の理論は、マッハ、ブロイアー、ブラウンの三人によってほぼ同時に提出された。それらの一致の程度と相違点をはっきりさせるために、マッハの論文に付されたレジメと、ブロイアー、ブラウンの報告をまず転載している。それぞれは次のとおるである。

(1) マッハ「人の平衡感覚についての物理学的研究」(一八七三年十一月六日)

(2) ブロイアー「迷路の三半規管について」(一八七三年十一月十四日)

(3) ブラウン「回転感覚と内耳の三半規管の解剖学と生理学について」(一八七四年一月十九日に出た最初のノートは入手不可能であったため、その後まもなく出たこの報告を収録した。)

すでに運動感覚については、そのための特別な末端器官を想定する必要が確認されている。これについて、神経の張りめぐらされた空洞中を液体ないし固体が満たしているというモデルを考え、それに対する重力や、前進加速度、角加速度の作用を考えている。そして内耳迷路がこの器官に比せられる。

ここでヨハネス・ミュラーの特殊エネルギー説を援用し、半規管の付け根に各一個ある膨大部の神経が刺激に対して回転感覚をもって応答する、という見方をとる。この原理に従えば、しかし、種々の方向の回転感覚を得るためには、種々の神経がそれに対応していることが必要になる。これにはいくつかの解釈がありうるが、マッハはブラウン

の解釈を、結局よりよいものとしてとりあげる。ブラウンは左右の半規管どうしの平行性に大きな価値を置いている。たとえば、右上の半規管と左後の半規管は平行している。そして運動感覚を興発するとされる半規管の内部リンパは付け根の膨大部から管の方への移動により膨大部を刺激することによって興発をおこなう。したがって方向が逆になったときには、感覚は興発されない。それは対になった左右反対側の半規管において興発されることになる。こうして三対の半規管が役割分担して、あらゆる方向の回転運動に対応することができるのである。このように解釈するとき、フルランスのもたらした種々の実験結果も説明がつくことになる。(10)

角加速度とならんで前進加速度の感覚が存在する。そして前者に対して三半規管があるように、後者に対する器官が内耳迷路中にあるのではないか。これはあらゆる側からの加速度の作用に対応するものでなければならない。マッハは前庭の球形嚢にこれをもとめた。ブロイアーは、さらに球形嚢中にある耳小石の慣性が前進加速度の知覚と静止している頭の位置の知覚を媒介するものと考えた。だがマッハはここで、「位置の感覚」のための第三の器官が必要であると考える。運動は等速的であればその感覚は消失するが、位置の感覚は——そしてそれにともなう眼の配置は——存続するからである。ただそれについてはこれ以上展開されていない。

以上により運動感覚として(1)角加速度の感覚、(2)前進加速度の感覚、(3)位置の感覚ないし平衡感覚、の三つをあげることができる。ただしじっさいには、我々の運動においてこうした単純な感覚要素が個々に感じられるわけではないといい、この点についての認識論的解説がなされる。いわば要素的認識と現実的認識との関係が示される。

次に左右の半規管どうしの相補関係が付言される。ある回転が停止するとき逆回転の感覚が生じるが、それは、すでにみたところからいえるように、対になっている半規管によってもたらされるものである。この両者の相補的働き

のうちに、マッハはまた回転性眩暈の発生因をも見ている。

ここで半規管の機能の仕方についてのマッハの把握と、ブロイアー、ブラウンの把握との違いが述べられる。半規管内の内部リンパが体の回転のさい相対的に反対の流れをするというように考えるのが自然であり、ブロイアー、ブラウンもそう考える。マッハもはじめそう考えたが、実験の結果、めだった流れは生じないという考えに転じた。そこで、半規管における運動感覚の成立は、ちょうど、圧が触覚神経を興発するようなかたちをとるものとマッハはみる。

ここでふたたび運動と運動感覚の関係の問題にむかう。急に加速度がついたのち等速運動となったとき、運動の継続を感ずるということがある。これは前進加速度にも回転加速度にも妥当する。こうした速度の感覚——それはだんだんと強度を減じてゆくものであるが——についてマッハは数式的表現を試みる。

次に運動感覚を解発するのに必要な刺激の量の問題がとりあげられている。ヒッツィヒは、迷路内容のもつ質量加速度が刺激として作用するには不十分ではないかという疑問を出している。特殊エネルギー説をとるかぎり、一般に刺激は小さくとも、かなりの作用を及ぼしうるわけであるが、いずれにしてもその量を測定しえることが望ましい。マッハは聴覚の可能性の限界の測定等を引きつつ、迷路内容の速度変化の測定の数式的表現を試みている。

さらに、ゴルツとブロイアーのあいだで議論となった半規管内の内部リンパのもたらす、上下の位置に従う圧の変化の問題について物理学的立場から仲裁を試みている。

次に、呕吐感を運動感覚と視覚との不一致に求めるという、マッハも考え、ブラウンも考えている見方にふれ、視覚実験なども考慮しつつ、肯定的に解している。

最後に、聴覚器官は触覚器官より、周期的刺激への順応をとおして発展したとするヘッセの見解が紹介される。マッハはこれを、発生論的、解剖学的考察をとおしてほぼ支持する。

〔8〕 結　論

マッハは以上から得られる主要な成果を次のように箇条書にまとめる。そのまま訳載しよう。

「1. 身体の前進運動と回転運動の特別な運動感覚が存在する、そしておそらくは位置の特別な感覚も存在する。
2. 前進加速度と角加速度はこの感覚の刺激として作用する。
3. しかしながらこの感覚は、前進速度または角速度の獲得の感覚として表象される。
4. 感覚は、刺激が消失したとき、強度をじょじょに減じつつ存続する。
5. 感覚は刺激が存続しているさいにも消尽することがある。
6. 陰性残像は登場しない。
7. これらの感覚のふたつが陽と陰の対立のうちにあるなら、一方の感覚は他方のまだある感覚を揚棄する。
8. 運動感覚は、骨や結締組織の可感的要素の作用によっても、皮膚、筋肉、血液、脳の作用によっても説明されない——転位を認識するさいにこれらの要因の共業がまったく排除されるというわけではないけれども。
9. 運動感覚の器官は頭の中にその座が示される。
10. 脳がこれの器官であるという想定は、まったく排除されるわけではないが、現象の詳細を説明するにはひじょうな困難を呈する。

11. 迷路の一部が運動感覚の器官であるという想定、すなわち三半規管の六つの膨大部が、六つあって対をなしている基本感覚に対応するという想定が、ここに記述されたすべての実験、フルラーンスの実験をも詳細にいたるまで説明する。」(S・124f.)

そして以上のうちで、1から10までは、11とは別個に存立するという。そしてさらに11を証明するための、電気刺激の有効な利用等の方策や解剖学的処置をあげている。[11]

なお付録として、本の印刷中になされた、角加速度の感覚可能な識閾の暫定的な規定の試みを載せている。

『運動感覚論綱要』への視点

以上が『運動感覚論綱要』の概要である。十一項目にまとめられている結論は明解である。運動感覚器官が三半規管であることをすでに予知している読者にとっては、この本の叙述自体、まわりくどいように思われよう。たとえば〔6〕においては、運動感覚の源泉となっている可能性のある六つの部分があげられており、最後の(g)頭中の独自の器官のみがその源泉とされている。とはいえ他の五つの検討はまったく無駄であろうか。結局、運動感覚の源泉となることがほとんどないにしても、それぞれの身体的位置と働き方が確認されるという意義をもっている。それだけではない。マッハは一八九七年に「方向感覚について」という題の講演をおこなっている(『通俗科学講義』所収)。そこでは内耳迷路のみに方向感覚を求めるべきではないとしている。内耳迷路の障害をもっていてもあるていど方向感覚を保持しているが、水に潜ると筋肉感覚が変わるために、方向感覚を失ってしまうことがある。筋肉感覚にも運動感覚器官を補償する作用があることをそれは示している。[12] そうであるとすれば、ここであらためて、『綱要』の結

論部分だけではなく、その叙述の全体を見通すのでなければならないことを確認しなければならないであろう。

マッハはフルラーンスらの過去の成果をかなり克明に追っている。とはいえ、これは『歴史と起源』のような歴史的叙述とは類を異にしている。ほぼ五十年にわたる叙述であるが、歴史的叙述であるというよりは、問題の展開を示している。プルキンエ、フルラーンスらの実験的研究の成果の上にたって、七十年になってゴルツが理論化への道を開き、そしてマッハ、ブロイアー、ブラウンがほぼ同時に正しい成果に到達したのである。今日の医学においては、耳が聴覚と平衡感覚を併せ持つ器官であり、後者が、前者に劣らず重要な機能を持つとされているようである。試みに、いま、現代の解剖学教科書を覗いてみよう。

カーレ／レオンハルト／プラッツァー『人体解剖図説』においては、一番最後が「感覚器」にあてられている。そこでは二つの項目に分けられ、最初が「眼」である。次は「耳」となるべきところであるが、「聴覚器と平衡覚器」と題されている。だがじっさいには耳の器官について述べている。耳＝聴覚器という固定観念を意識して、こういう配慮がなされたのであろう。次のような説明から始めている。

「耳は二つの感覚器を備えており、それらは異なる機能をもつが、形態的には一つの複合体すなわち内耳をつくっている。内耳の一つの部分は蝸牛といわれる本来の聴覚器であり、もう一つの部分は球形嚢、卵形嚢と半規管をまとめたもので、からだの位置の変化、ことに頭の位置の変化を感じとる平衡覚器である。[13]」

マッハたちの研究の成果は、現代の医学の体系のなかに組み込まれている。

概要をみるにあたっては、多少の注釈を加えたものの、ほぼその要点を追うことにつとめた。現代の水準からこれ

を裁断することは、筆者の手にあまるということだけではなく、まだ所説について流動的なところもありうるからである。[14] マッハもブロイアーもブラウンも、九十年代、あるいはさらにその後までこのテーマを追っている。マッハは一八九七年に「方向感覚について」講義したわけであるが、これは通俗講義として特記するほどのものは多くないが、ブロイアーらと交流しつつ、『綱要』の見地を固めていった様が見受けられる。これに対して『感覚の分析』の最終版、第七章「空間感覚の立入った研究」は、この問題の展開を伝えている。第二版（一九〇〇年）で増補され、第五版（一九〇六年）ではさらにポーラックによって最新の成果を盛り込まれた章である。そこでは表題にあるように、空間感覚が主題になっているわけであるが、これが運動感覚と関連しているのは、次のような事情による。

「空間感覚が運動性の過程（motorische Prozesse）と連関していることは、かなり以前から、もはや争論の余地がなくなっている。見解が分かれるのは、この連関をどう把握すべきかをめぐってである。[15]」

さらに、

「私は決して右の立言でもって完全な、どの側面からみても剴切な像が与えられたと云うつもりはない、寧ろ私は自分の論述の欠陥を自覚している心算である。しかし、先に展開した根本原則（五一頁）に見合う努力、つまり、視覚および触覚の領域において、場所の移動の際に立現れる、さらには場所の移動を想起したり遠方を想い遣ったりだけでも影のように立現れる、一切の空間感覚と運動感覚とを単一の感覚質に還元しようとする試みが正当であることは明らかになったかと思う。この感覚質が、空間的場所や空間運動に関係する限りでの意志であるという想定、或いは〈この感覚質が〉神経興発〈であるという想定〉は、断じて将来の研究を予断するものでは

なく、今までにすでに知られている諸事実を祖述するものにすぎないのである。[16]」

これにより両者の統合がうたわれる。ここで特記すべきは、「意志」の問題をマッハがこれに関係づけ始めていることである。ただしそれへの反論もあり、この問題の帰趨についてここでは立ち入ることはできない。

ポーラックはマッハの委嘱を受けて増補した部分で、次のようにいっている。

「何はともあれ、運動感覚は徹頭徹尾固有な感覚領域であることが明らかになった。[17]」

運動感覚は一般にどのように位置づけられてきたであろうか。これについては、たとえば世紀初頭にシェリントンの分類があり、次のようなものである。

外受容感覚（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚、圧覚、温覚、冷覚、痛覚）
自己受容感覚（運動感覚、平衡感覚）
内受容感覚（内臓感覚）[18]

現在の分類では次のようなものが一般的のようである。

特殊感覚（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、平衡感覚）
体性感覚（触覚、圧覚、温覚、冷覚、痛覚、運動感覚）
内臓感覚（臓器感覚、内臓痛覚）[19]

こうした感覚論の編成に対して、マッハらの研究はどのような位置を占めるものであるかは、科学史的に究められるべきであろう。哲学的にはこれを踏まえて、そうした研究がマッハの認識論にとってもちえた意味を探ってゆくべき

であろう。

(註)

(1) E. Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*, 1872. この書の邦訳名としては、『エネルギー恒存の原理の歴史と根源』、『エネルギー保存法則の歴史と起源』、『仕事保存の原理の歴史と根源』、『仕事の保存律の歴史と起源』などがあるが、ここでは『仕事保存の原理の歴史と起源』で統一しておく。

(2) E. Mach, *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen*, 1875.

(3) 広重徹「エーテル問題・力学的世界観・相対性理論の起源」、西尾編『アインシュタイン研究』、中央公論社、一九七七年、二二六ページ。

(4) F. Ratliff, "On Mach's Contributions to the Analysis of Sensations", *in Boston Studies in the Philosophy of Science*, VI, 1970, p. 24.

(5) *Ibid.*, p. 30.

(6) マッハが若い頃書いた医学生むけの教科書では、もっとふつうに、次のようにいっている。「力学は、なんらかの諸力の影響のもとでの質点、ないしは質点の体系の静止と運動を扱う。」E. Mach, *Compendium der Physik für Mediciner*, 1863, S. 19.

(7) マッハ『力学』伏見訳、講談社、一九六九年、訳註四八七ページ以下。

(8) 『綱要』と内容的に直接つながるのは『感覚の分析』であるが、しかし、特にこの章は『力学史』(『力学』)との関係も考慮に入れるべきであろう。この章の叙述の一部がそのまま、『力学史』のなかへ転用されたりしているからである。

(9) ここでは運動感覚ではなく運動感情(Bewegungsgefühl)ということばを用いているが、その使い分けは示されていない。

(10) ただし最近の理解では、こうした複雑な見方は捨てられている。

(11) 先にもふれたように、この11の後半の想定は現在そのままではとられていない。

(12) cf. „Über Orientierungsempfindungen", in E. Mach, *Popular-wissenschaftliche Vorlesungen*, 4. Aufl., 1910.

(13) W. Kahle/H. Leonhardt/W. Platzer『人体解剖図説Ⅲ——神経系と感覚器——』越智訳、文光堂、一九七九年、三一四ページ。

(14) 内耳に体温より冷たい水を入れると、めまいがおこる。ところが温水をいれると、同じくめまいがおこるが、眼振は逆方向におこることを、ローベルト・バラニーは発見した。バ

ラニーはこれによりノーベル賞を受賞した。この研究はマッハやブロイアーの仕事につながるものであることは、彼のノーベル賞講演を読むことによっても知れる。(『ノーベル賞講演‖生理学・医学　第3巻・1910～1922』、講談社、バーラーニー〔バラニー〕の項、参照。)ただその原因を、バラニーは体温の内部リンパにもたらされる対流に求めた。しかし、数年前のスペースシャトル中での宇宙実験で対流がおきないはずなのに同じ反応がみられた。これはバラニー説の修正を迫るものとなりうることが問題になった。

(15) E. Mach, *Die Analyse der Empfindungen*, 9. Aufl. S. 105. マッハ『感覚の分析』須藤・広松訳、法政大学出版局、一九七一年、一〇七ページ。

(16) *Ibid.*, S. 137. 同右、一三五ページ。

(17) *Ibid.*, S. 135. 同右、一三三ページ。

(18) 中村雄二郎『共通感覚論』、岩波現代選書、一九七九年、八八ページ。

(19) 同右、一〇九ページ。