

# 職場における作業行動工学的研究

第 1 報 自動車運転者の踏力測定器の試作と

その実験についての一考察

又 井 不 二 雄

大 西 昌 道

## 緒 言

人類の夢実現の壮挙アポロ11号の月着陸のニュースを聞き、此の稿をまとめることは何か面はゆい気持になるが、然し地球上における連日の交通戦争、特に自動車事故の悲しいニュースを耳にすると、さゝやかな労作ではあるが、自動車短大に職を奉ずる者としてドライバーの事故予防に対する、人間—機械系の諸問題の解明を試みることは私共に与えられた使命であろう。私は4年前発足した名古屋工業大学体育研究室を中心とした作業行動工学研究会に参加することにより、多くの刺激を受けた。東海地方各大学所属の会員は、各自夫々の専門分野（社会学・心理学・生理学・解剖学・衛生学・運動医学・電気工学・体育学等）よりするドライバーの研究に参加しているが、私は自らの専門である機械工学よりの立場で此の問題と取り組んでみた。始めは何から手をつけてよいか判断に苦しんだが、毎月の例会の討論の折々に問題となる自動車構造の中で、特に人間が操作する手の運動と足の運動中、今回は私が試みた踏力試作器を中心に実験した結果を昨年体育学会に口頭発表したものをまとめて報告する。

## ウィーナー理論より人間工学への道

ウィーナー (Norbert Wiener 1894~1964) は動物と機械とにおける制御と通信とを総括的に取り扱う学問として、サイバネックス (Cybernetic) という表現を用いている。これはギリシャ語の *Κυβερνήτης* (舵手を意味する語) から発創されたといわれている。調速器 (ガバナー *gaverner*) も同じ語源であるが、これは船の操舵機がフィードバック機構のうちで最古の発達をなしたことに由来するという。ウィーナーは1956年日本での講演の折、サイバネックスを定義して次の様に述べている。即ち「我々の状況に関しては二つの変量があるとして、その一方は我々には制御出来ないもの、他の一方は我々によって調節出来るものとする。そのとき制御出来ない変量の過去から現在までの値に基づいて、調節できる変量の値を適当に定めて、我々に最もつごうのよい状況をもたらしたいと望んだようだ。このとき、それを達成する方法が *cybernetics* にほかならない。例えば船の場合風向きや流れの状態がいままでどのように変わってきたか、その模様によって、うまく舵をとり、与えられたコースに最も近い航路を進むようにする」と述べているが、此の言葉の中に、制御と通信との科学としてのサイバネックスの意義を見出し得るであろう。

現代は情報科学 (*information science*) の時代である。人間社会、生物体および機械における情報の生成、伝達、改造、蓄積、利用は遂に月着陸の偉業達成に一秒の狂いもない偉大な成果を挙げ得たのであろうが、然し我々の手近な自動車運転技術において、今一步研究の余地がないであろうか。始めて自動車運転を練習する時、練習場で教育を受けた種々の事柄、それにも増して、実際の路上で直面する数々の応用動作、それは技術哲学を出発点として発展した高次のものではなく、むしろ、通信と制御との問題を通して、数学理論をつくり、工学的装置をつくる仕事と、生物現象の解明のなから生まれてきたものであろう。人間の特性はその学習性にある。そしてこの人間の特性を損うような発創は、人類の惰落を意味するであろう。ルナー15号の月到達の成否以上にアポロの成功に国境を越えて人々が関心を示したことは、それが即ち機械の上に人類がその優位を確保することに意義を見

出したことではなかろうか。ホモ・ルーデンスとしての人間の将来はレジャーを楽しむだけの社会ではなく、不断の学習と誠実な反省とが絶えず要求されるであろうし、将来は工学的諸要因の研究を通して学習する人類社会が予想されるのであろう。

## 人間—機械系の問題領域

機械は人間によって使われることが前提であり、人間の機能を補うために考案されたものであるから、此の機械と人間はあるところで接触するわけである。人間・機械のシステム設計では第一にインフォメーションの入力の問題を考えなければならない。例えば自動車の運転の折、初心者はあわてゝよくアクセルとブレーキを間違えてふみ、大事故をおこすことがある。亦下り坂道の途中でブレーキを完全に踏まず前車に追突する等の事故を考えると、機械とこれを操作する人間との「整合」をとって此の全体の性能を高めようという人間工学 (Human Engineering) が発達してきた。亦イギリスのエルゴノミックス (Ergonomics) は ergo = 作業と nomos = 法則、との合成語で作業者が外部からの情報により反応する際にみられる法則性をしらべ、この法則性に適合させた機械を設計することである。なお作業行動工学の意義を述べてみると、名大工の又井は臨床的体育学への胎動の中で「即ち作業行動工学は利用できる色々な知識として、心理学、生理学、人体測定学、物理学、機械工学等全ゆる科学を応用しながら人間の種々の要素の本質を根気よく考察してゆかねばならない。実際人間を要素として考えたとき、人間は実に弾力性のある数多くの異なった要素としての特性を一人で兼ねることが出来る……」と説明している。

## 踏力測定器の試作及其の実験

前述せる如く、自動車運転技術で最も重要な動作は上肢によるハンドル操作と下肢による諸ペタルの踏み込みによる踏力のかけ方が問題となる。目の前に障害物が出たとき、ハンドル操作では障害物を避けて通るようにハンドルをきるが、この動作と障害物に出会ったとき、ブレーキを踏んで車を止めることが当然考えられる。このブレーキは踏力による踏み込みが強ければ強いほど、瞬間的ブレーキのきき方に影響を与えるように自動車の構造が出来ている。このブレーキを踏み込む力を私は脚力のうちで一応「踏力」という言葉で表現し定義してみた。実際下肢動作のうちには実に色々な力がその出力の方向で名称づけられている。例えば、走力、跳力、蹴力、蹴力、踏力、踏力、踏力、踏力など脚力と称しても、その力の使い方、出力の種類は種々考えられるであろう。生理学者でもない私がペタルへの反応動作 (アクセル・ブレーキ・クラッチ) に及ばず脚力を仮に「踏力」と称することがゆるされるならば、この踏力が上記ペタル動作に、わけても一瞬の危険を避けるためのブレーキへの作用はどのようなものであるかを分析調査することは、自動車運転技術習得の上には基礎的要素であると考えた。そのため作業行動工学研究グループで機械系の人間に及ぼす立場を先づ第一に自動車の運転座席における踏力の研究に焦点を求め踏力測定機を試作してみた。此の踏力は自動車の場合座位姿勢であるので腰の状態が一つの要因となるであろう。腰椎の傾斜を変化させてそれがフリッカー値に与える影響を文献で調べてみると、此の傾斜を  $95^{\circ}$  から  $125^{\circ}$  までの 5 通りで実験した場合、腰椎傾斜

が $115^{\circ}$ 以上になるにしたがい大脳の活動レベルが低下し $125^{\circ}$ ではほとんど眠りに近い状態にまで落ちると報ぜられている。 $105^{\circ}$ では初め少し下がっているが一番高い活動レベルを最後まで保持して途中で低下することがない。さらに $95^{\circ}$ にすると初めが高くしかし10分以後は低下が大きくなって来る。これは腰筋の緊張が高まりすぎたためであろうと言われている。こう考えてみると一番楽な状態で、しかも割合に長い時間大脳の活動レベルを保持出来るような腰椎傾斜は $105^{\circ}$ から $110^{\circ}$ ぐらいの間であるということが出来る。そこで実際の運転席を大凡人間の座位姿勢からブレーキを踏むときの下肢の角度を変えてみると、大別して三つの姿勢に分けられるようである。即ち①普通車の姿勢 ②バス運転席の姿勢 ③スポーツカーの座席姿勢であるが、それはそれぞれ踏力のかけ方にくらかの差異があるはずである。

この下肢の夫々の角度から実施されるブレーキへの踏力を「動ひずみ計」を用いブレーキの代用として試作した鉄板（約5mm）の裏面にストレインゲージ（STRAIN GAGE）をはり種々実験してみた。

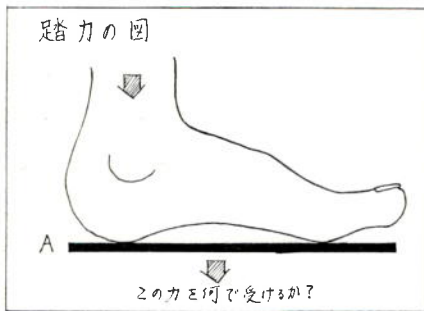


図 1

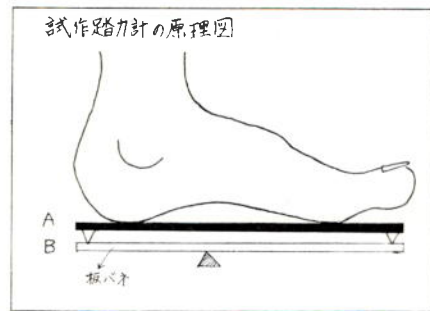


図 2

図①は踏力の基本的考え方である。

図②は試作踏力計の原理図である。

板バネBが踏力によって、まげのひずみを生ずる。それをストレインゲージで検出するのが、試作踏力計の考え方である。

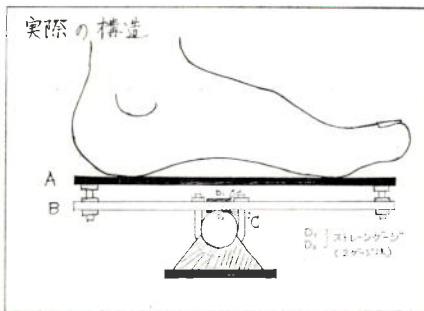


図 3



図 4

図③ 実際の構造

踏力をA板上にかけるとB鉄板がまがりD<sub>1</sub>がのび、D<sub>2</sub>はちぢむ。これを動ひずみ計で測定す

る。

図④ 膝関節角度測定図

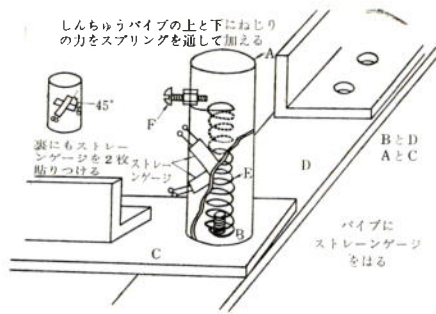


図 5

の方向にのび（縮み）のひずみが大きく顕れることを利用したものである。

図⑥ 踏力計を装置した図

模擬自動車の上に図の如くセットした。右上の方はひずみ計で、その隣りにビシグラフをセットした。今回は鉄板で受けとめ鉄板に曲げのひずみを起こさせ、そのひずみをストレインゲージで検出し、ひずみを（応力）に換算して測定した。



図 6

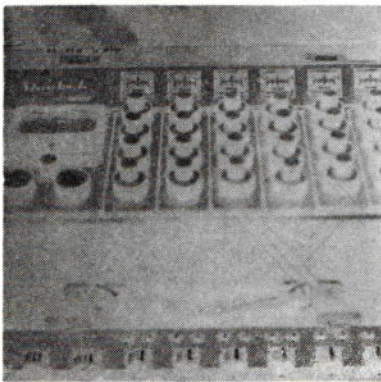


図 7



図 8

図⑦ DS型動ひずみ測定器

此のDS型はストレインゲージによるひずみ、応力の測定をはじめ、ロードセル、圧力計など各種のストレインゲージトランジューサを応用したあらゆる動的測定に使用することが出来る。

6チャンネルまで測定出来、然もビシグラフに連結測定が出来る。



図⑧はビジグラフ記録器

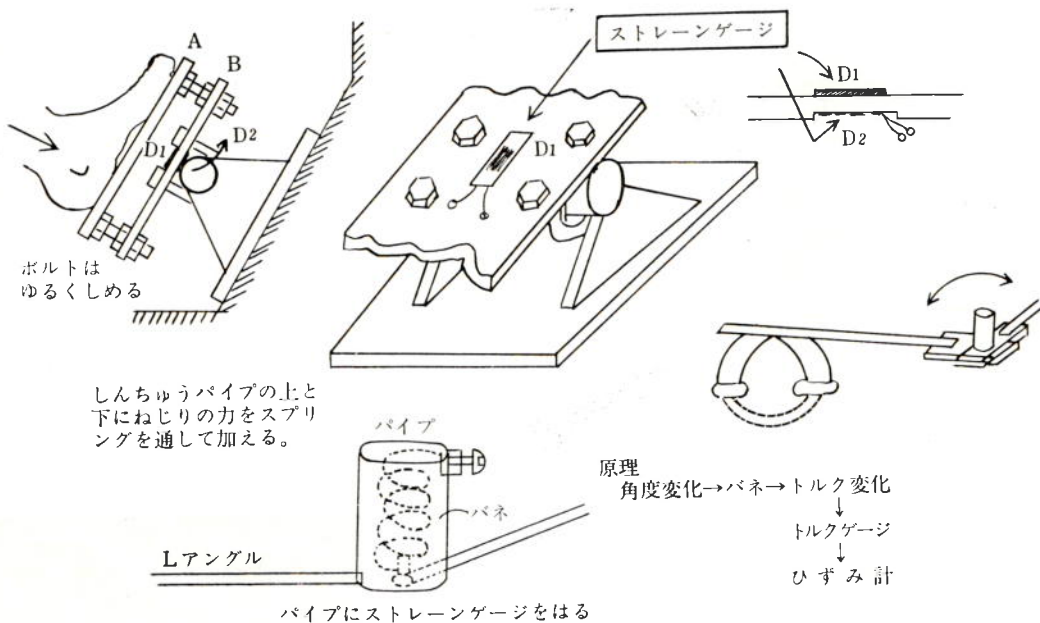


図 9

図⑨ 試作した踏力計と膝関節角度計の構造

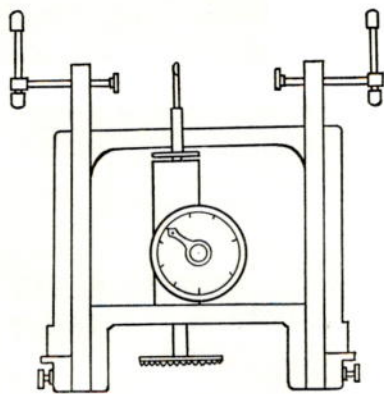


図 10

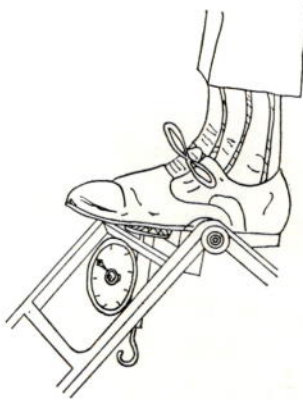


図 11

図⑩ T.K.Kの簡易脚力計

脚力計目盛は0~110kg (1 kg単位) として握力計の様に最大荷重にも指針が止まる計測部の支点となる補助アームの取付捻子を中心として計測部が自由に回転できる。

図⑪ 簡易脚力計の実施状態

実験の結果

図⑫ ビシグラフでの結果

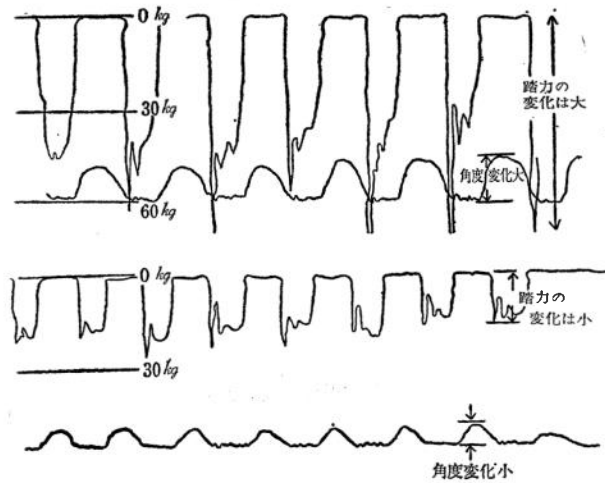


図 1 2

表① 踏力測定結果

被検者 (性別)	A 男	B 男	C 男	D 男	E 女	F 女
運転している車 (種別)	普	普	普	大	(練)	普
普通にブレーキを かけたと思われる状態	12 kg } 18 kg	17 kg } 20 kg	18 kg } 20 kg	45 kg	18 kg } 25 kg	18 kg } 19 kg
急ブレーキをかけた と想像して踏んだとき	98 kg } 100 kg 以上	81 kg } 88 kg	68 kg } 90 kg	71 kg } 78 kg	28 kg } 35 kg	35 kg

表② 測定結果

(単位:kg)

年齢・性別	18 男	19 男	19 男	19 男	17 女	18 女
踏力(最大)	90~95	82~86	81~87	93~105	42~55	35~45
T.K.K簡易 脚力計での 踏力(最大)	98~100	81~88	68~90	71~78	28~35	35

結 語

以上の実験の結果から判明せる如く、踏力には全て個人差があることが実証された。勿論各個人は自動車運転の折自己のその踏力を意識して、完全なブレーキ動作への働を自己自身体認しているであろうが、平常の運転中とはともあれ、ブレーキ等は一瞬の緊急時に要求される場合が多いのである。私は人間の意識と機械の装置のコントロールについての可能性の中、運動神経系のインパルスが筋肉に

達して発生する筋の活動電位をひき出す方法，即ち筋電位が人間と機械の間の通信方法として新しい可能性をもつものとして時代の脚光をあびてきていると思う。（道遙体育学又井P.265）現在開発されている電子義手の理論は，自動車運転の急ブレーキに私の試みた踏力の個人差の危険度を減少させるために実現可能の何らかの示唆を与えているのではなかろうか。即ち急ブレーキの命令を筋電位より取り出すことにより事故の減少が期待出来るであろう。又一方踏力の平均的作動が可能な自動車構造が出来得るなら，ブレーキによる事故の減少を期待出来るであろう。また、此の様にビシグラフに現われた個人差の踏力の克明な実験データの検討により，今後個人差の数量的解明が可能になるであろうことは本研究の最大のねらいである。今後の此の方面よりする実験の積み重ねにより予防運転への方法を探索してみたい。最後に浅学菲才の私を絶えずアドバイスして下さい，八島先生に心から御礼を述べたいと思う。

## 参 考 文 献

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| MOREHOUSE and MILLER                 | PHYSIOLOGY OF EXERCISE                             |
| FRANCIS D. CURTIS                    | SCIENCE IN DAILY LIFE                              |
| WESIEY E. WOODSON                    | HUMAN ENGINEERING GUIDE FOR<br>EQUIPMENT DESIGNERS |
| BERNARD BERELSON and GARY A. STEINER | HUMAN BEHAVIOR                                     |
| 知久篤 } 編                              | 人間工学   |
| 倉田正一 }                               | 企業における人間工学   |
| 日本人間工学会編                             | 人間工学ハンドブック   |
| 人間工学ハンドブック編集委員会編                     | 学習制御および学習制御機械                                      |
| 北川敏男編                                | 人間性と行為   |
| ジョン・デュウイ著                            |  |
| 東宮隆訳                                 | 教養としての保健体育   |
| 又井不二雄著                               | 道遙体育学  |
| 又井不二雄著                               | 行動の理解  |
| 相良守次著                                | 技術哲学   |
| 三木清著                                 | 産業医学の実際  |
| 野瀬善勝著                                | 労働と人間  |
| 狩野広三著                                |  |