

職業訓練大学校紀要

第 18 号 B

人文・教育編

松 下 菊 人	若き新渡戸稲造の英文書簡(二)	1
町 田 成 男	Sequoyah and the Cherokee Syllabary He Produced	17
柿 塚 和 幸	学生の体格・体力調査測定報告 (Ⅶ)	
塚 本 真 也	—いわゆる「もやしっ子」の体力の動向について—	25
小 田 南州生		
久 本 憲 夫	西ドイツ鉄鋼業の雇用調整	37
中 村 謹 也	フリックランドの職業訓練カリキュラム開発の 方法について	59
島 田 昌 幸	授業用のプログラムの開発の方法(その3) —— ステップ構成の技法 ——	81
新 井 吾 朗	溶接技能における視覚情報に関する研究	99
森 和 夫		

1989年 3 月

職業訓練大学校

溶接技能における視覚情報に関する研究

新井 吾朗
森 和夫

1. 問題

1-1. 溶接技能訓練における視覚情報の問題

技能の遂行において視覚から得る情報は重要な役割を担うと考えられる。視覚情報は作業中、作業の対象あるいは作業状況を「見る」ことによって作業結果もしくは作業経過を把握するための有力な情報である。作業情報は視覚ばかりでなく、他の感覚によっても得られる。適切な視覚情報が得られない場合、多くは作業不能や作業能率、パフォーマンスの低下を招く。これは作業対象の状態に応じて行なう感覚運動系技能においてはとりわけ容易に推測できよう。

中でも溶接技能は視覚による情報が重要な役割を果たす顕著な例である。溶接作業は小さな面積の溶融池付近で起こっている現象を強度の光を避けるための遮光ガラスを通して観察し、刻々と変化する溶融現象に応じて運棒操作を制御しなければならない。

作業成果の成否や良好な成果の獲得は、「適切な視覚情報」に基づく運棒操作によって達成できると考える。すなわち視覚情報を中心に考えた技能の検討が、より重要な位置を占めると考える。この点についてわれわれは溶接科指導員に対して行った「溶接作業中の留意点に関する調査」(文献15, 1987)で明らかにした。これまで溶接技能の実技指導の場面ではこの視覚情報はどのように扱われているのであろうか。

溶接作業に関する実技について記述したものは職業訓練実技教科書をはじめ多くあるが、これらの大半は溶接作業の手順の解説にとどまる。先の

重要性にもかかわらず、視覚情報に関する記述は極めて少ない。

数少ないこの種の記述例の中に職業訓練職種作業分析シリーズ「アーク溶接作業の仕方」(文献5, 1967)がある。しかしこれは実際に起こる溶融現象がどのような溶融状態を表すものであるかの記述ではない。従って溶接作業の初心者が教材として活用する上で十分な理解が得られるものとはいえない。

重要性にもかかわらず、視覚情報に関する記述は極めて少ない。

数少ないこの種の記述例の中に職業訓練職種作業分析シリーズ「アーク溶接作業の仕方」(文献5, 1967)がある。しかしこれは実際に起こる溶融現象がどのような溶融状態を表すものであるかの記述ではない。従って溶接作業の初心者が教材として活用する上で十分な理解が得られるものとはいえない。

実際の実技訓練の場においても「作業手順の説明」、「作品の講評」、「不適切な運棒操作を指摘すること」が指導の主要部分となっていると推察できる。一方、指導経験の豊富な溶接科指導員の意見として「訓練生の運棒の状態を見ていれば溶接をわかって運棒しているか、わからないでただ漠然と運棒しているかがわかる」という見解がある。この「溶接がわかる」という表現は「作業者が溶融状態を的確に捉えていること」を指しており、視覚によって捉えられる溶融状態を表す情報を十分に理解している状態と推察する。指導員は溶接を行う上で視覚情報が重要な要素であることを認識しながらも実際にはこの指導を十分に展開しているとはいいがたいのである。

1-2. 先行研究成果の検討

これまでの溶接技能の技能訓練に関する研究について整理してみたい。

安江ら(文献6, 1977)は被覆アーク溶接の熟練技能者を対象として技能の分析を行っている。この分析は熟練者の行動を表現行動と測定行動とにわけて捉え、「溶接作業中の注意の向け方」を明

らかにしている。この研究成果は熟練者の判断過程を推測する上で示唆を与える。手塚・岡野（文献7,1984）はコミュニケーション分析の手法によって習熟過程を扱った。ここでは溶接技能を指導する際の問題の一つとして「指導者と訓練生の作業対象に対するイメージの違い」をあげている。これは技能習熟過程における対象の捉え方、つまり「視覚情報の判断の過程と情報を捉える過程に違いがあること」を示唆する。安田ら（文献16,1980,文献17,1981）は溶接電流など初期設定の溶接条件を変化させて、運棒操作によって対応が可能な溶接条件を分析し、技能を検討している。この結果「実学一体を中心とした授業形態によって、溶融現象に対する必要な運棒操作の知識の育成を図ることが有効である」としている。これは溶融現象を捉える視覚情報の判断過程の重要性を示唆する。

水田ら（文献13,1975）は鉄道車両乗務員の乗務時の注視行動を分析している。この研究は車両の運転状態や運転装置の違い等による注視行動の違いを明らかにしようとしたものである。この中で「乗務員の経験や習癖により注視行動に違いが見られる」と指摘している。つまり技能においては習熟の状態、経験の違い等の個人差によって必要とする視覚情報には違いがあることを示唆している。永田ら（文献8,1981）は試験コースを速度一定にしてハンドル操作のみで通過する際の熟練者と未熟練者の注視行動の違いを比較検討している。この研究では頭部の運動と眼球の運動とをわけて考え、それぞれの運動の協調性について検討を行っている。これによると「未熟練者の場合、車両感覚の欠如を補うための手段として視覚情報を用いており、熟練者とは違う注視行動が行われている」ことを指摘している。

溶接技能に関する先行諸研究は、「技能者の捉えた溶融状態の情報が技能者の中でどのような判断の過程を経て運棒操作等に表れるか」を中心に行われてきた。また、運転技能に関する視覚情報の先行研究が明らかにしたことは①作業対象の情報を得る過程は技能水準によって違いがみられること、②経験や習熟水準の差が注視行動に違いを生じさせることにあった。しかしながらこれら先

行研究はこの注視行動がいかに変化してゆくものかの実態を捉えているものではない。つまり、これらについては推論の域をでていないといつてよい。

1-3. 研究目的

アーク溶接作業はアーク光が極めて強いため、作業にあたっては遮光ガラスを介して作業対象を観察する。つまり限定された条件の中で、技能遂行に関わる情報を収集し、これに基づき判断と行動を伴う作業である。このため作業者の収集する視覚情報の質とその獲得の方法は作業結果に多大な影響を与えると考える。これまでの溶接技能に関する諸研究には作業において重要な役割を持つ視覚情報、とりわけ訓練生にとって困難性の高い「溶融状態の観察方法」について検討した研究は少ない。その理由は溶接作業中の眼球運動の観測の困難性があげられる。この結果、溶接実技教科書等においても注視すべき箇所の記事が不明瞭であったり、初心者である訓練生には難解と思われる記事にとどまっていると考えられる。

本研究は被覆アーク溶接作業における技能訓練過程において訓練生の視覚情報の獲得方法と情報内容がどのように変化するかを作業実験によって明らかにすることを目的とした。具体的作業として以下の諸点を明らかにすることにしたい。

- ①注視点位置の作業中の経時変化
- ②溶接作業における注視点移動の特徴
- ③習熟に伴う注視点移動の変化
- ④注視点移動とパフォーマンスの関係
- ⑤動作の習熟と注視点移動の変化の関係
- ⑥習熟に伴うパフォーマンスの変化

われわれはこれまでの技能研究に基づいて、次の仮説を設定した。

- ①技能習熟に伴い視覚情報が特定される
- ②注視行動は視覚情報の特定化に伴い変容する
- ③注視行動の変容の過程には類型がある
- ④視覚情報の獲得方法と情報内容は作業結果に明瞭な関係がある

以上の実証によって溶接作業における「注視行動の習熟による変化」を捉え、視覚情報を中心とした技能習熟過程を検討したい。これによって有

効な技能指導を行うための手がかりを得ようとするものである。

2. 研究方法

2-1. 作業課題

作業課題は交流アーク溶接機による被覆アーク溶接での下向きビード置き作業である。溶接棒はイルミナイト系溶接棒を用い、材料は9mm tの中板軟鋼板とした。材料寸法は図1に示すように50mm×200mmであり長辺を付け合わせるI型突合わせ溶接である。JIS検定や訓練課題としては溶接線を150mmとするのが一般的であるが、一息では溶接を終えることのできない長さでしかも一本の溶接棒で溶接の終える長さである200mmに溶接線を設定した。これは訓練校の課題として下向きビード置き作業を行う時には、あらかじめ溶接線にチョークで線を引く等してビードを置く線を明確にすることがあり、今回の実験ではこの溶接線を明確にするためにI型突合わせ溶接を実際の作業課題としたものである。この課題設定について、「平板にビードを置く場合とI型突合わせ部分にビードをおく場合とでは溶け込みが違う」という意見もあるが実際の作業感覚としては大きな違いはないと考え、実験では溶接線を明確にする目的を優先させてI型突合わせ溶接とした。

溶接台の高さは480mmに固定してあり、作業者は椅子の高さを調節することにより好みの作業姿勢がとれるよう設定した。なお、溶接電流は165Aに固定した。

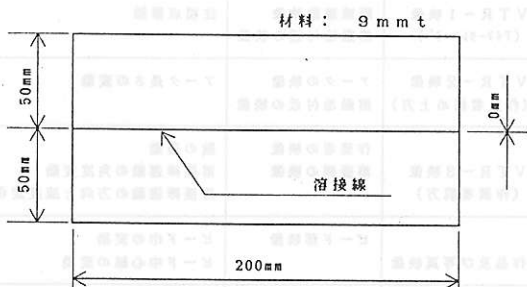


図1. 作業課題図

2-2. 実験方法

被験者は職業訓練大学校溶接科2年生を選定した。被験者は2年生の4月より毎週1日の溶接実技訓練を受けている学生である。アイマークレコーダ等の実験装置により制約を受けることから被験者は眼鏡を用いずに溶接作業を行なえる者を10名選定した。また、作業課題の技能習得をすでに終えた作業者の注視点移動を捉えるために職業訓練大学校溶接科3年生8名を被験者として同様の手続きで実験を行った。

2年生に対しては2週間に1回のサイクルで実験を行なった。実験期間は1985年4月から9月までの5ヶ月間である。この間、合計6回の実験を行っている。3年生は1985年6月に1回実験を行った。

実験で収集したデータは①溶接棒の運動、②アークの状態、③作業者の注視点、④作品の状態、⑤作業者の内省報告である。

図2に実験装置の配置図を示した。①、②、③の観測のために本実験では3系統のビデオ映像記録装置を用いた。第1カメラはアイマークレコーダを通して作業者の注視点を記録した。第2カメラは溶接棒の運動の様子を作業者の正面から記録した。第3カメラはアークの状態を作業者の正面上方より記録した。また、映像の鮮明度を高めるために高照度の光源を作業者の前方2箇所を設置して照明を行なった。写真1及び写真2はこの状況を示している。

作品評価は作品をスライドに撮影した。内省報告はあらかじめ用意した報告用紙に作業終了後、

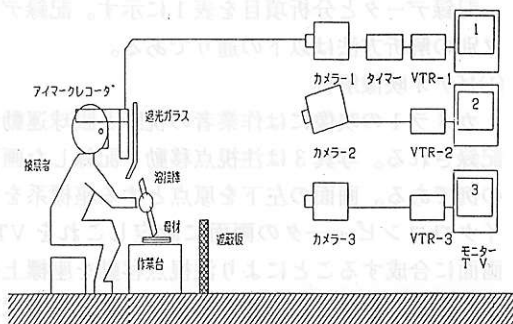


図2. 実験装置の接続図



写真1. 実験装置の配置全景

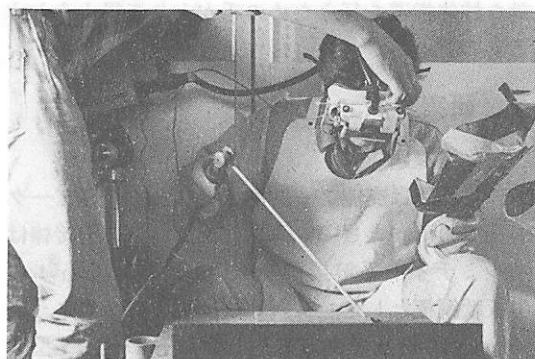


写真2. 被験者へのアイマークレコーダの装着状況

記入させた。内省項目の「溶接中の運棒についての留意点」, 「溶接作業の自己評価」, 「次回の溶接作業の計画」についてはSD法と自由記述により回答させた。また, 「溶接作業中に溶融池付近の何処を見ていたか」については溶融池付近の模式図に直接, 注視点を記入させた。

実験の手順は次の通りである。実験装置を配置したブースに実習中の被験者を1名ずつ呼ぶ。次に実験装置を装着しない状態で第1回の試行を行う。その後に実験装置を装着する。実験装置の装着と調整の後, VTR装置による記録を行いながら第2回試行を行う。1回目が予備作業であり, 2回目が本作業である。2回の試行後, 内省報告用紙に記入する。

この手順により10名の被験者に対し順次実験を行った。被験者1名の所要時間は30分程度である。

2-3. 解析方法

記録データと分析項目を表1に示す。記録データ別の解析方法は以下の通りである。

①ビデオ映像解析

カメラ1の映像には作業者の視野と眼球運動が記録される。写真3は注視点移動を記録した画面の例である。画面の左下を原点とする座標系をマイクロコンピュータの画面に設定しこれをVTR画面に合成することにより注視点移動を座標上の移動として解析した。運棒の状態, アークの状態を記録した画面についても同様に座標系を設定している。注視点移動は溶接棒先端に対して注視点がどこにあるのかを計測するために図4の溶接棒

先端であるA点と注視点を表すVマーク先端のB点の2点を1秒毎に求め, 時間の経過に伴う注視点の移動を表した。

本実験においてアイマークレコーダ装着の不備から注視点移動のデータに誤差が混入した。習熟実験は, 再実験が不可能であるので一部のデータは修復によっている。これはアイマークレコーダが, 作業中に溶接保護面と接触し, 注視点位置の表示と実際の注視点位置の間に誤差が生じていたことによるものである。全データのおよそ30%程度あったためデータ修正の可能なものに限定して近似換算式によって修正を行い, 不可能なものはデータから削除した。

カメラ2の映像はアークの映像と溶融地付近の映像が記録される。写真4はこれを記録した画面

記 録	分析対象	分析項目
VTR-1映像 (アイマークレコーダ)	眼球運動映像 溶融池付近の映像	注視点移動
VTR-2映像 (作業者斜め上方)	アークの映像 溶融池付近の映像	アーク長さの変動
VTR-3映像 (作業者前方)	作業者の映像 溶接棒の映像	腕の運動 溶接棒運動の角度変動 溶接棒運動の方向と速度変化
作品及び写真映像	ビード部映像	ビード巾の変動 ビード中心線の変動
内省報告記録	作品の自己評価 動作の自己評価 所感	作品評価 動作の困難点 作業上の留意点

表1. 観測データと分析項目

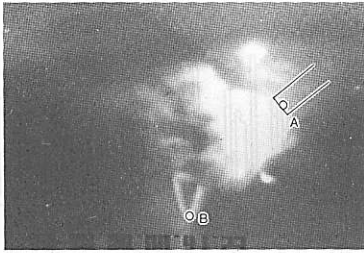


写真3. 注視点移動を記録した映像 (カメラ1)

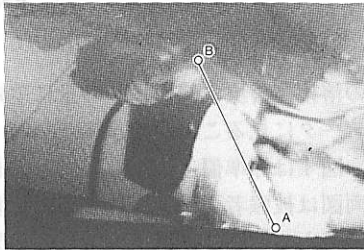


写真4. 運棒状態を記録した映像 (カメラ2)

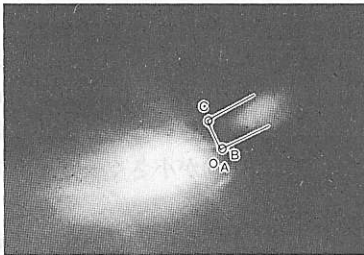


写真5. アークと溶融地を記録した映像 (カメラ3)

の例である。図の溶接棒の先端 A 点の移動から運棒速度を求め、A 点と溶接棒のホルダとの保持部の B 点から溶接棒の保持角度を求めた。さらに時間の経過による変化を表すために 2 点の座標を 1 秒毎に求めた。

カメラ 3 の映像には作業者の運動の映像と溶接棒の映像が記録される。写真 5 はアークの状態を記録した画面の例である。溶融池の先端である A 点と溶接棒先端部の B 点と C 点からアーク長を求める。アーク長についても時間経過に伴う変化を表すために A, B, C の 3 点の座標を 1 秒毎に求めた。いずれも数値データとしてマイクロコンピュータに取り込み、XY プロッタによって作図した。

② 作品の解析方法

作業結果である作品ビードはその全長を 4 mm 間隔で 50 等分に分割し区間毎に溶接予定線と実際の溶接線とのズレ量と溶接ビードの中の変動を求めた。スライドに記録した作品を実際の 100 倍 (面積比) に拡大投影し、区間毎に溶接予定線とビード止端部との距離、ビード中の 2 点を計測した。これを数値データとしてマイクロコンピュータに取り込み、XY プロッタによって作図した。

③ 内省報告の解析

各溶接作業中にどの運棒要素に注意を向けていたかを実験データとの関係で検討した。

被験者 (2年生)	運棒速度 (mm/sec)					平均
	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	
I	3.92	2.60	2.67	2.74	2.90	3.06
	3.99	4.29	6.54	5.51	4.61	5.17
K	3.57	3.13	2.83	3.77	—	3.63
	6.57	4.27	4.81	5.19	—	5.25
Kz	2.63	2.67	3.92	2.82	2.50	3.27
	9.75	5.30	6.80	4.03	4.14	6.37
Kb	2.33	2.50	2.78	2.32	3.45	2.98
	8.08	5.09	6.00	6.62	6.38	7.09
Kn	2.99	3.77	2.38	2.63	2.25	2.98
	4.99	3.94	5.21	5.48	3.75	4.77
H	4.08	3.23	3.51	3.28	3.08	3.65
	8.32	5.21	6.97	5.78	7.83	6.87
F	2.99	2.47	2.41	2.63	2.30	2.54
	6.47	5.78	6.77	5.91	4.47	5.90
M	3.57	2.78	2.53	2.82	2.44	2.58
	5.00	9.06	7.38	4.52	5.90	6.68
O	3.70	3.64	3.33	3.28	2.74	3.32
	5.88	3.97	5.18	5.06	4.44	4.92
平均	3.45	2.95	3.05	2.85	3.08	3.07
	6.98	5.53	6.26	5.83	5.25	5.97

被験者 (3年生)	運棒速度 (mm/sec)
U	3.39
	6.20
N	2.86
	8.22
Nl	4.17
	11.82
Ho	2.86
	12.14
Mo	4.44
	5.82
Mi	4.08
	6.28
Mr	3.17
	10.22
Ku	2.78
	9.58
平均	3.82
	9.20

全被験者平均 M=2.95
SD=6.53

上段：平均 下段：標準偏差

表2. 運棒速度の平均値と変動

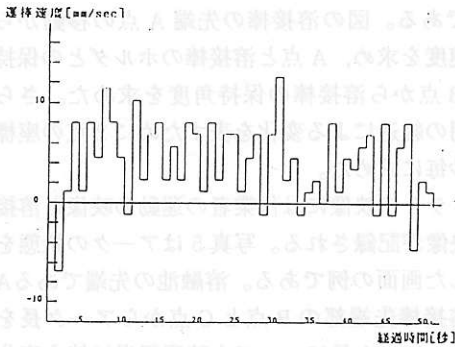


図3. 運棒速度の経時変化①

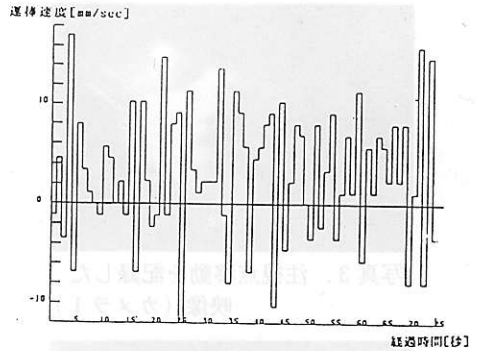


図4. 運棒速度の経時変化②

3. 結果

3-1. パフォーマンスの全体的傾向

パフォーマンスを運棒速度、溶接棒の保持角度、アーク長さ、作品評価の各項目毎に検討する。

3-1-1. 運棒速度

表2に運棒速度の平均速度と標準偏差を示した。平均運棒速度は2.95[mm/sec]であり標準偏差は6.69[mm/sec]であった。つまり9.64~-3.74[mm/sec]を中心に変動した。平均速度はおおよそ3[mm/sec]であり一般的な150mmの溶接線にビードを置く場合にはおおよそ50~60秒程度の時間で作業を終える。注目すべきは変動の範囲が負の範囲に及ぶことである。つまり運棒操作には溶接の進行方向と逆の運動(戻り運動)があることであ

る。この溶接棒を戻す操作はその量に差はあるが全てのデータに見ることができる。

図3, 図4は標準偏差の小さい例と大きい例である。両図は被験者Iの運棒速度の経時変化を表したものである。図3は第1回試行の結果であり、図4は第3回試行の結果である。横軸は経過時間、縦軸は速度を表している。第1回試行の平均速度は3.92[mm/sec]であり、標準偏差は3.99[mm/sec]である。また、第3回試行の平均速度は2.67[mm/sec]であり、標準偏差は6.54[mm/sec]である。標準偏差が小さいことは図3に見られるように運棒速度の変動が小さく一定速度の運棒をしていることを意味する。

標準偏差の変化を2年生について試行回数毎に平均して見ると、第1回試行で高い値を示すが第

被験者 (2年生)	溶接棒保持角度 (degree)					平均
	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	
I	62.77	73.19	52.75	71.85	67.40	65.76
	3.50	2.50	2.75	5.60	3.84	8.50
K	76.23	76.06	75.64	70.72	—	74.61
	3.26	2.20	4.06	3.91	—	4.01
Kz	79.94	76.48	73.63	83.69	76.89	78.35
	4.05	9.02	1.42	10.39	12.68	9.48
Kb	60.16	67.28	66.48	69.93	67.13	66.10
	7.99	4.31	5.18	6.01	4.54	6.80
Kn	74.29	71.52	74.07	78.96	76.33	75.30
	3.69	3.99	3.96	9.90	14.59	9.24
H	63.50	61.81	77.09	71.07	68.59	68.47
	3.05	2.37	2.87	2.71	3.77	6.19
F	67.83	69.97	67.77	74.40	70.65	70.15
	2.82	5.45	5.38	3.82	15.94	8.82
M	62.70	76.84	73.28	78.34	74.59	73.64
	3.46	4.75	5.54	19.82	15.09	12.95
O	78.29	78.70	76.82	83.39	78.17	79.07
	12.71	5.16	6.48	5.45	17.34	11.19
平均	69.45	72.23	70.47	75.78	72.82	72.15
	9.37	7.01	8.83	10.46	13.37	9.76

被験者 (3年生)	保持角度 (degree)
U	71.57
	3.31
N	51.71
	2.80
Ni	45.82
	4.35
Ho	57.05
	4.65
Mo	52.74
	2.58
Mi	62.92
	4.35
Mr	67.19
	7.26
Ku	73.01
	7.28
平均	58.72
	9.51

全被験者平均 N=70.68
SD=10.95

上段: 平均 下段: 標準偏差

表3. 溶接棒保持角度の平均値と変動

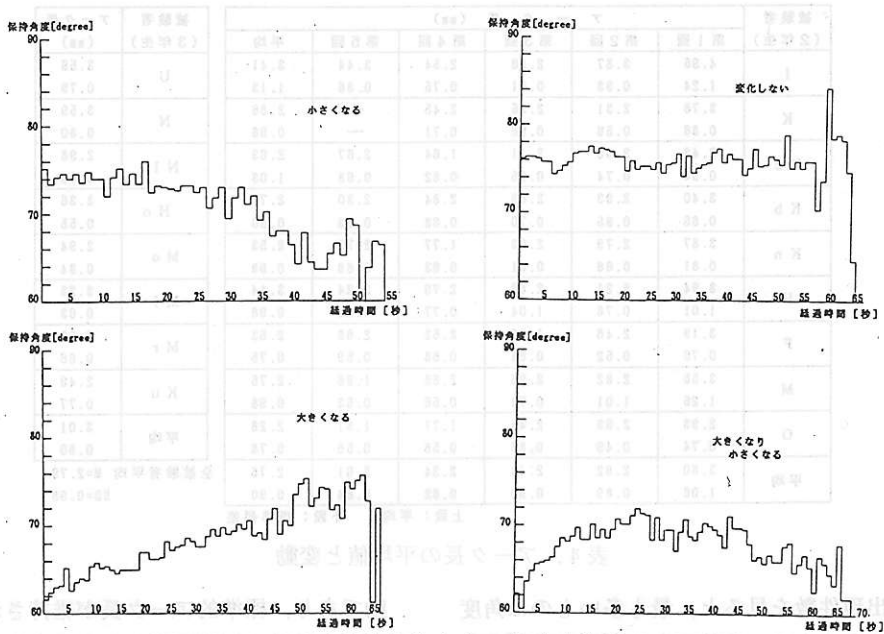


図 5. 溶接棒保持角度の経時変化①

2回試行で低い値を示した後、第3回試行以降、徐々に高い値を示すようになる。3年生の標準偏差の平均値も9.20[mm/sec]と高い値を示している。これは習熟初期には定速での運棒に努めていたものが、習熟の進むに従い溶融池の状況に応じて積極的に運棒速度を調整するようになったと考えられる。第1回試行では大きな標準偏差を示す。運棒速度を大きく変動させるのは、一定の運棒操作ができる習熟水準がなく、腕の感覚・運動や、制御方法が不安定な状態にあると考えられる。

3-1-2. 溶接棒の保持角度

表3に溶接棒の保持角度の平均値と標準偏差を示した。全体の平均値は70.68[degree]であり標

準偏差は10.95[degree]である。59.73～81.63[degree]とかなり広い範囲で運棒されていることがわかる。2年生の試行結果を見ると試行毎の平均保持角度の変化はあまり見られず、被験者による平均保持角度の差の方が大きい。標準偏差も試行回数の増す毎に大きくなり被験者による保持角度の差が大きくなることを表している。特に3年生は各被験者により大きな差が見られる。

図5は一試行中の運棒角度の経時変化を示す。図は横軸に経過時間、縦軸に溶接棒の保持角度を示している。大別すると、徐々に角度の大きくなるもの、小さくなるもの、変化しないもの、大きくなった後小さくなるものの4種の傾向がみられ

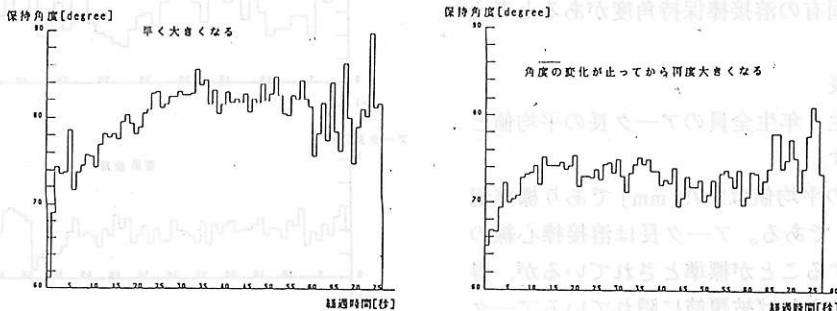


図 6. 溶接棒保持角度の経時変化②

被験者 (2年生)	アーク長 (mm)					平均	被験者 (3年生)	アーク長 (mm)
	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回			
I	4.95	3.87	2.98	2.54	3.44	3.41	U	3.59
	1.24	0.93	0.61	0.75	0.86	1.13		0.79
K	3.76	2.31	2.95	2.45	—	2.88	N	3.59
	0.88	0.58	0.98	0.71	—	0.98		0.80
Kz	3.43	3.06	2.11	1.64	2.67	2.63	Ni	2.98
	0.94	0.74	0.85	0.82	0.68	1.03		0.69
Kb	3.40	2.93	2.03	2.84	2.30	2.75	Ho	3.36
	0.85	0.95	0.70	0.63	0.53	0.90		0.55
Kn	3.87	2.79	2.03	1.77	2.73	2.53	Mo	2.94
	0.81	0.66	0.81	0.83	0.68	0.98		0.84
H	3.94	3.21	2.56	2.79	3.24	3.14	Mi	3.23
	1.01	0.78	1.04	0.77	0.88	0.98		0.63
F	3.19	2.46	1.93	2.52	2.68	2.53	Mr	2.53
	0.78	0.52	0.64	0.68	0.59	0.75		0.66
M	3.58	2.82	2.98	2.66	1.96	2.75	Ku	2.49
	1.25	1.01	0.74	0.56	0.53	0.98		0.77
O	2.93	2.69	2.43	1.77	1.87	2.28	平均	3.01
	0.74	0.49	0.83	0.58	0.55	0.78		0.80
平均	3.60	2.92	2.44	2.34	2.61	2.78	全被験者平均 M=2.79	
	1.06	0.89	0.90	0.82	0.84	0.90	SD=0.98	

上段：平均 下段：標準偏差

表4. アーク長の平均値と変動

た。その出現件数を見ると、最も多いものは角度の「大きくなるもの」29件である。続いて「大きくなった後小さくなるもの」9件、「変化しないもの」8件、「小さくなるもの」5件となっている。また角度の「大きくなるもの」の中には図6にあるように作業の初期に大きくなるものや、一時期に一定に運棒した後大きくなるもの等が見られた。5件見られた「角度の小さくなるもの」は試行の中期以前に見られる。各被験者の保持角度の経時変化の傾向は試行回によって大きく変わることはないが試行後期には「角度の大きくなる傾向」が多数を占めるようになる。3年生も7件中5件が「角度の大きくなる傾向」が見られた。

以上の結果から運棒角度は各被験者により差があり、時間の経過と共に徐々に大きくなるのが明かになった。また、被験者の体型や姿勢の違いにより作業固有の溶接棒保持角度があると考えられる。

3-1-3. アーク長

表4に2年生3年生全員のアーク長の平均値と標準偏差を示す。

全アーク長の平均値は2.79[mm]であり標準偏差は0.98[mm]である。アーク長は溶接棒心線の直径と同等にすることが標準とされているが、得られたデータによれば被覆筒に隠れているアークを1mmと考えると2.81~4.77mmを中心とした変

動であり、標準的アーク長が維持されていると言える。総計の標準偏差より大きな値は第1回試行と第2回試行のみであり試行回数の増加に従ってアーク長は安定維持するようになる。

アーク長の維持は一定のアーク長の持続で行われるのではなく、長短を繰り返すことによって行われている。図7は被験者Mの第1回試行時と第5回試行時のアーク長の経時変化を表したものである。横軸に経過時間、縦軸にアーク長をとっている。第1回試行の平均アーク長は3.58[mm]であり、標準偏差は1.25[mm]である。第5回試行の平均値は1.96[mm]であり標準偏差は0.53[mm]である。前者は習熟初期、後者は習熟後期

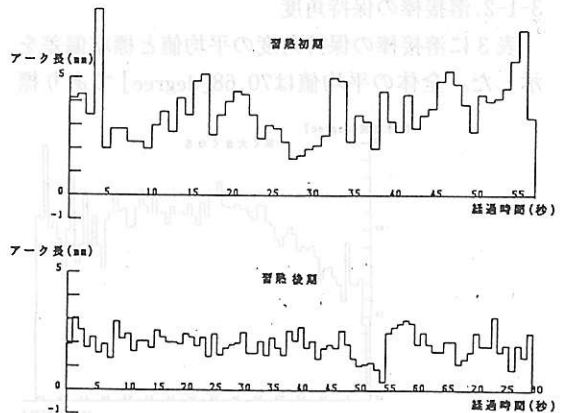


図7. 習熟初期と後期のアーク長の経時変化

被験者 (2年生)	うねり 巾の別	ビードのうねり・巾 (mm)				平均
		第1回	第2回	第3回	第4回	
I	巾	8.75	10.60	10.42	11.73	10.38
	うねり	0.99	0.89	0.90	1.37	1.51
K	巾	1.33	1.42	0.86	1.29	1.22
	うねり	1.30	0.84	0.85	1.47	1.21
Kz	巾	9.33	10.45	11.73	10.21	10.41
	うねり	1.04	0.92	1.32	0.87	0.87
Kb	巾	0.85	0.75	1.20	0.78	0.89
	うねり	1.07	0.78	0.93	0.75	1.17
Kn	巾	11.90	11.57	8.23	11.85	10.90
	うねり	0.87	1.42	1.33	1.85	2.04
H	巾	2.23	1.41	2.45	0.78	1.71
	うねり	2.52	1.59	2.02	0.90	2.21
F	巾	12.14	11.19	10.87	12.37	11.69
	うねり	1.17	1.16	0.78	1.05	1.25
M	巾	0.89	1.85	0.87	0.75	1.04
	うねり	0.94	1.34	0.80	0.88	1.28
O	巾	9.57	9.73	11.08	11.10	10.37
	うねり	1.27	1.39	0.98	0.98	1.37
平均	巾	2.42	2.51	0.49	1.41	1.71
	うねり	2.12	0.93	0.70	1.69	1.98
H	巾	8.91	9.80	9.79	10.20	9.62
	うねり	1.18	1.11	1.10	1.07	1.21
F	巾	0.83	0.88	0.84	0.71	0.78
	うねり	0.85	0.78	0.71	0.85	0.83
M	巾	10.99	11.98	11.54	12.98	11.87
	うねり	0.89	0.73	0.98	1.44	1.27
O	巾	0.82	1.18	0.83	1.30	0.98
	うねり	0.89	1.08	0.95	0.99	1.28
平均	巾	9.04	11.34	10.72	12.07	10.78
	うねり	1.51	1.88	1.40	1.98	2.04
O	巾	1.80	1.88	0.82	2.08	1.64
	うねり	1.77	2.42	0.92	0.92	2.07
平均	巾	9.07	8.88	9.70	10.63	9.54
	うねり	0.95	0.88	0.98	1.09	1.17
平均	巾	3.48	0.80	0.84	0.81	1.43
	うねり	0.59	0.58	0.84	0.65	1.77
平均	巾	9.97	10.69	10.43	11.44	10.60
	うねり	1.88	1.55	1.50	1.81	1.87
平均	巾	1.80	1.38	1.00	1.07	1.28
	うねり	2.09	1.72	1.42	1.35	1.87

上段：平均 下段：標準偏差

表5. ビードの巾とズレの平均値と変動

にあたる。習熟初期でのアーク長の維持は第1回試行結果に見られるようにアーク長の長短の周期は非常に長い。第1回試行のA, B, C, Dに見られるように「徐々にアークが長くなり急速に短くなる」といったアーク長の変動は習熟初期に多くみられる特徴である。習熟後期でのアーク長維持は第5回試行結果に見られるようにアーク長の長短の周期が非常に短い。このように短い周期でアークの長短を繰り返し、アーク長を適正に維持することは習熟後期での特徴といえる。これらは習熟初期には「アークが長くなるのを確認してからアークを短くするに要する時間が長く」、習熟が進むに従い「アークを短くする感覚と運動の仕方が身についた」ことによると考えられる。またアーク長の変動が訓練初期に大きく、中期以降は小さくなるのは、訓練初期にはアーク長の適正維持が非常に困難な運棒要素であることを示してい

ると考えられる。逆に第2回試行以降で各被験者の標準偏差が大きく変化しないという傾向は「一度アーク長を適正にする技能を習得すると適正なアーク長の保持操作は比較的容易である」ことを意味すると推察される。

3-1-4. 作品評価

作品評価は「ビード中心線と溶接予定線とのズレ」と「ビード巾の変動」について分析を行った。表5に作品のビード巾とズレの平均値と標準偏差を示す。ズレの量は母材の突合わせ部分を溶接予定線としてそれとビード中心線とのズレを表している。全ビード巾の平均値は10.60[mm]であり標準偏差は1.67[mm]である。ズレの平均値は1.26[mm]であり標準偏差は1.60[mm]である。試行毎のビード巾の平均値は試行が進むに従い、大きくなるがズレの量は小さくなる。またビード巾、ズレの標準偏差も試行が進むに従って小さくなり、巾が大きく揃った真直ぐな良質ビードになってゆく様子が見られる。

習熟の初期ではビード巾、ズレ共に変動が大きいとその変動には傾向が見られる。この傾向は図8に示すように「右下がりビードがズレてくるもの」、「始端と終端のみが揃って間がズレているもの」、「ビードの一部のみが揃っているもの」等である。図の横軸にビードを50等分した区間をとり、縦軸に溶接予定線からの隔たり[mm]を示している。

このようなズレの傾向の他に図9に見られるような傾向のものが見られた。図は被験者Kの第1回試行と第4回試行の作品の状態を表している。第1回試行時のビード巾の平均値は9.33[mm]であり、標準偏差は1.04[mm]である。ズレの平均値は0.85[mm]であり標準偏差は1.07[mm]である。第4回試行時のビード巾の平均値は10.20[mm]であり標準偏差は0.87[mm]である。ズレの平均値は0.76[mm]であり、標準偏差は0.75[mm]である。この傾向を見るとA区間ではズレがなく直線に運棒しているが、ビード巾の変動が大きくなっている。逆にB区間ではビード巾の変動は少なく揃っているが、ズレ量が大きく変動している。このようにビード巾かズレのどちらか一方だけが揃うという傾向がある。第4回試行結果

はビード巾, ズレともに揃っており良好なビードの例である。

このように作品の状態はビード巾, ズレ共に不揃いのもの, ビード巾, ズレの一方が揃っているもの, ビード巾, ズレ共に揃っているものに分類することができ, この分類が習熟の状態を見る指標になると指摘できる。

3-2. 運棒操作と作業結果の関係

習熟初期の段階における各運棒要素の運棒状態はさわめて不均一であった。先に運棒速度や溶接棒の保持角度とアーク長は習熟の時期にかかわらず変動を持つこと, 習熟後期での変動は良好なビードを作るための積極的な運棒操作であることを述べた。また, 習熟初期での変動は腕の感覚・運動の未熟な運棒操作によると考察した。また, ビード中心線と溶接予定線とのズレは運棒を真直ぐにできない時に起こるものであり, ビード巾の変動は運棒速度の変動が主たる原因となって起こるものと推察される。

運棒操作が作品に与える影響は大きい。ここでは技能習熟に伴う各運棒要素の変化と作品のできばえとの関係について検討を進めたい。

図10と図11は被験者 Kn の第1回試行と第3回試行の運棒経過と作品とを対比させて示したものである。作品から見ると第1回試行は習熟初期段

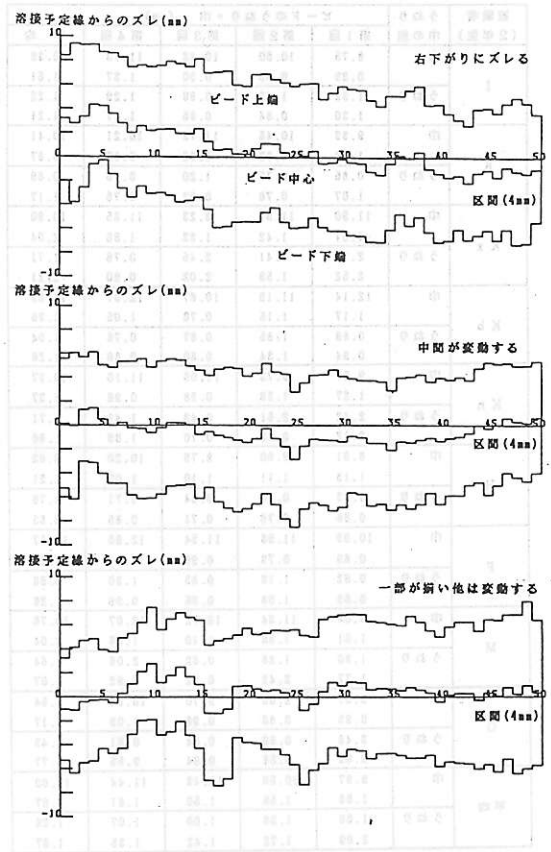
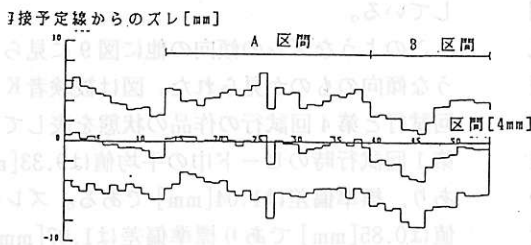
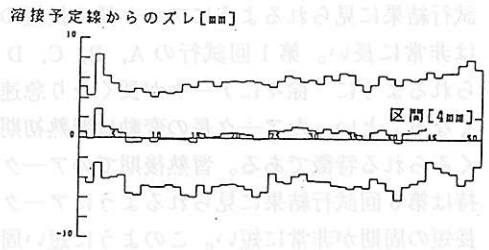


図8. 溶接予定線からのズレの変動



被験者 K の第1回試行



被験者 K の第3回試行

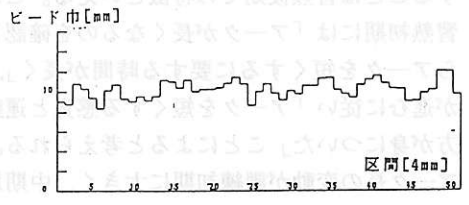
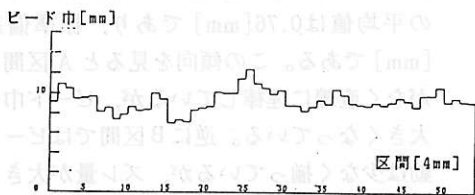


図9. 習熟初期と中期のビードの変動

溶接技能における視覚情報に関する研究

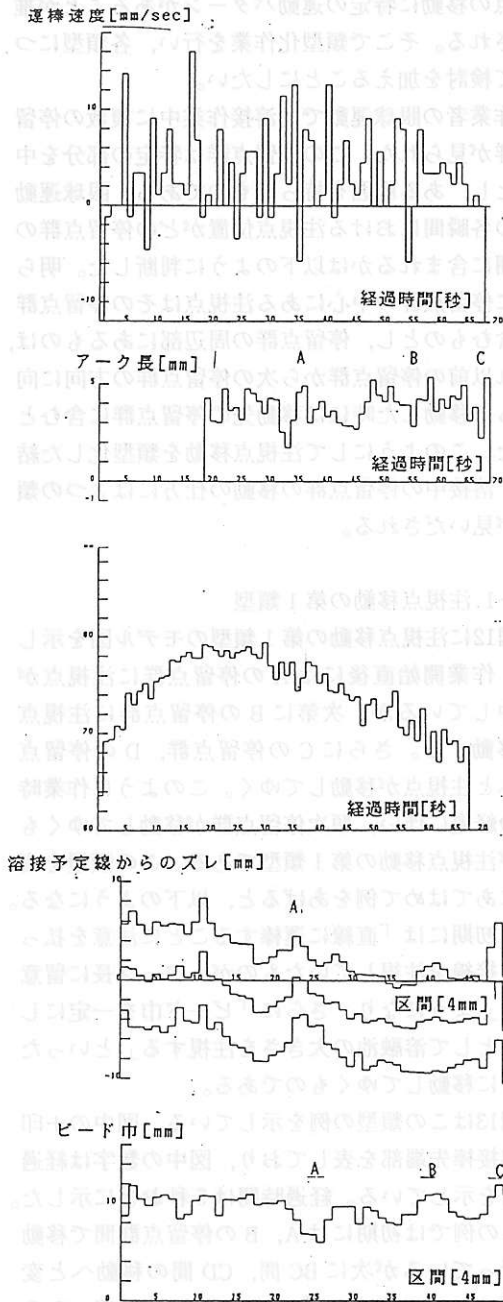


図10. 被験者 Kn の第1回試行の
運棒操作とビードの変動

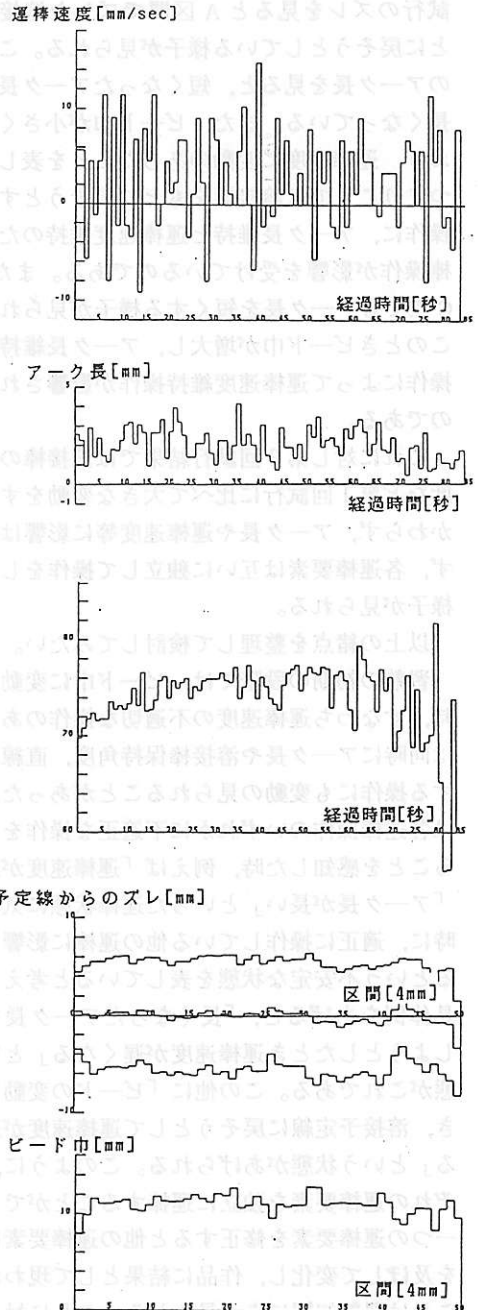


図11. 被験者 Kn の第3回試行の
運棒操作とビードの変動

階，第3回試行は習熟後期段階と言える。第1回試行のズレを見るとA区間でズレた溶接線をもとに戻そうとしている様子が見られる。このときのアーク長を見ると，短くなったアーク長が再度長くなっている。また，ビード巾が小さくなっており，運棒速度に変動のあったことを表している。つまりここでは溶接線をもとに戻そうとする運棒操作に，アーク長維持と運棒速度維持のための運棒操作が影響を受けているのである。またB点，C点でもアーク長を短くする様子が見られるが，このときビード巾が増大し，アーク長維持の運棒操作によって運棒速度維持操作が影響されているのである。

これに対し第3回試行結果では溶接棒の保持角度など第1回試行に比べて大きな変動をするにかかわらず，アーク長や運棒速度等に影響は見られず，各運棒要素は互いに独立して操作をしている様子が見られる。

以上の緒点を整理して検討してみたい。

習熟の初期の段階では，ビード巾に変動のある時，すなわち運棒速度の不適切な操作のある時には同時にアーク長や溶接棒保持角度，直線に運棒する操作にも変動の見られることがあった。これは各運棒操作のいずれかに不適正な操作をしていることを感知した時，例えば「運棒速度が速い」，「アーク長が長い」といった運棒状態に気づいた時に，適正に操作している他の運棒に影響を与えるという不安定な状態を表していると考えられる。具体例をあげると，「長くなったアーク長を短くしようとしたとき運棒速度が遅くなる」という状態がこれである。この他に「ビードの変動に気づき，溶接予定線に戻そうとして運棒速度が速くなる」という状態があげられる。このように，それぞれの運棒要素を独立に運棒することができずに一つの運棒要素を修正すると他の運棒要素に影響を及ぼして変化し，作品に結果として現われる。これは習熟初期によく見られる。これに対して，習熟が進んでくると運棒要素を個別にコントロールすることが可能となる。つまり，運棒要素の個別制御ができるようになるといえる。

3-3. 注視点移動の類型

作業中の眼球運動分析結果を見ると作業者の注視点の移動に特定の運動パターンがあることが推測される。そこで類型化作業を行い，各類型について検討を加えることにしたい。

作業者の眼球運動では溶接作業中に複数の停留点群が見られた。この停留点群は特定の部分を中心とし，ある範囲を持ったものである。眼球運動中の各瞬間における注視点位置がどの停留点群の範囲に含まれるかは以下のように判断した。明らかに停留点群の中心にある注視点はその停留点群に含むものとし，停留点群の周辺部にあるものは，それ以前の停留点群から次の停留点群の方向に向かって移動した時には移動先の停留点群に含むとした。このようにして注視点移動を類型化した結果，溶接中の停留点群の移動の仕方には3つの類型が見いだされる。

3-3-1. 注視点移動の第1類型

図12に注視点移動の第1類型のモデル図を示した。作業開始直後にはAの停留点群に注視点が集中しているが，次第にBの停留点群に注視点が移動する。さらにCの停留点群，Dの停留点群へと注視点が移動してゆく。このように作業時間の経過に伴い，順次停留点群が移動してゆくものが注視点移動の第1類型である。この類型を実際にあてはめて例をあげると，以下ようになる。習熟初期には「直線に運棒することに注意を払って溶接線を注視していたものが，アーク長に留意する」ようになり，さらに「ビード巾を一定にしようとして溶融池の大きさを注視する」といったように移動してゆくものである。

図13はこの類型の例を示している。図中の+印が溶接棒先端部を表しており，図中の数字は経過時間を示している。経過時間は5秒おきに示した。

この例では初期にはA，Bの停留点群間で移動を行っているが次にBC間，CD間の移動へと変化する。この場合Aの停留点群は溶接線，Bの停留点群は溶接棒先端部，Cの停留点群が溶融池の縁，Dの停留点群が溶融池とビードの境を表しているものと推察される。つまり作業の初期には溶接線と溶接棒先端部を注視していたものが，次第に溶接棒先端部と溶融池を注視するようになり，

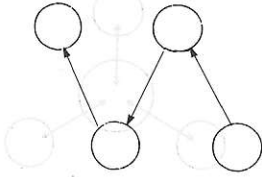


図12. 注視点移動の第1類型モデル

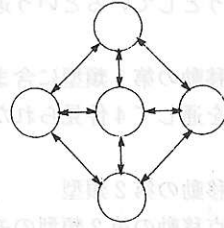


図15. 注視点移動の第2類型モデル

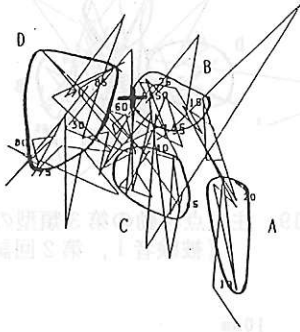


図13. 注視点移動の第1類型の例①
(被験者K, 第3回試行)

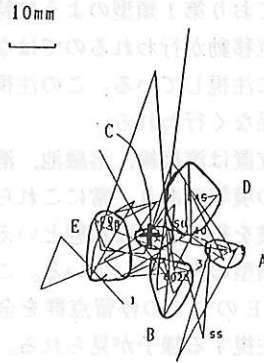


図16. 注視点移動の第2類型の例①
(被験者O, 第3回試行)

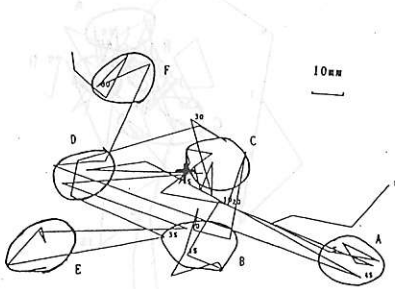


図14. 注視点移動の第1類型の例②
(被験者I, 第1回試行)

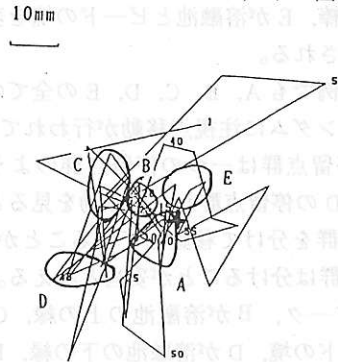


図17. 注視点移動の第2類型の例②
(被験者K, 第2回試行)

やがて溶融池とビードの境を注視するように変化したと考えられる。

図14の例では初期にはAの停留点群を注視していたものがB, Cと移動しB, D, E間で移動するようになった後Fの停留点群へと移動している。この場合Aの停留点群が溶接線, Bの停留点群は溶接棒先端部, Cの停留点群が溶融池の縁,

D, Eの停留点群がビードの上端と下端を表しているものと推察される。つまり作業初期には溶接線を注視していたものが, 溶接棒先端部, 溶融池, ビードへと注視点位置を移動させていると考えられるのである。

図13と図14は同じ注視点移動の類型であるが, 前者は2つの停留点群の比較により一つの情報を得ようとしており, 後者は一つの停留点群の中か

ら情報を得ようとしているという違いがあると推察される。

この注視点移動の第1類型に含まれるものは2年生、3年生を通して4件見られた。

3-3-2. 注視点移動の第2類型

図15は注視点移動の第2類型のモデル図である。この類型の停留点群間移動は活発であり、一つの停留点群の中での一回の停留時間は短い。注視点は常に移動しており第1類型のように特定の停留点群間で注視点移動が行われるのではなく、各停留点群を自由に注視している。この注視点移動は時間経過と関係なく行われる。

主な注視点位置は溶接線、溶融池、溶接棒、溶融池とビードの境等であり、常にこれらに注意を向けて溶接作業を行うような状態といえる。

図16は第2類型の例を示している。この例ではA, B, C, D, Eの全ての停留点群を全作業時間中に、たえず注視する様子が見られる。各停留点群間の移動も全ての停留点群間で行われる。この場合Aが溶接線、Bが溶融池の縁、Cがアーク、Dが溶接棒、Eが溶融池とビードの境を表していると推察される。

図17の例でもA, B, C, D, Eの全ての停留点群間でランダムに注視点移動が行われている。BとCの停留点群は一つの停留点群のように見えるがA, Dの停留点群からの移動を見るとBとCの停留点群を分けて移動していることからB, Cの停留点群は分けることが妥当と考える。この場合Aがアーク、Bが溶融池の上の縁、Cが溶融池とビードの境、Dが溶融池の下の縁、Eが溶接棒を表していると推察される。

注視点移動の第2類型に含まれるものは2年生、3年生を通して15件見られる。これは3類型の中で最も出現頻度の高い類型である。

3-3-3. 注視点移動の第3類型

図18は注視点移動の第3類型のモデル図である。この類型は一つの中心部となる停留点群を持ち、周辺部の注視点群との間で移動が行われている。この移動は時間経過によって変化は見られない。また、中心部となる停留点群と周辺部の停留点群

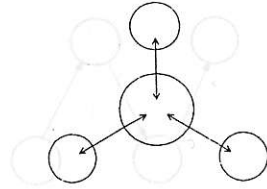


図18. 注視点移動の第3類型モデル

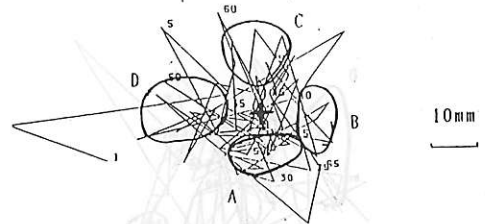


図19. 注視点移動の第3類型の例①
(被験者1, 第2回試行)

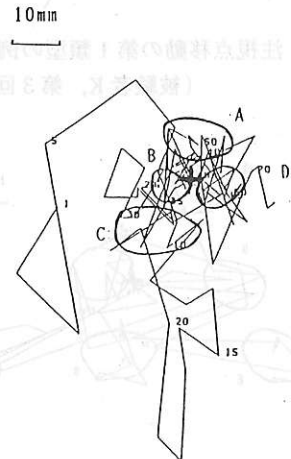


図20. 注視点移動の第3類型の例②
(被験者Kb, 第3回試行)

との間での移動に特徴ある運動が見られる。つまり中心部となる停留点群から周辺部の停留点群に移動した注視点は必ず中心部の停留点群に戻ってからの他の停留点群に移動するのである。また、周辺部の停留点群間での注視点移動は見られない。これが注視点移動の第3類型である。

この例としては、常に溶融池の縁を凝視してい

るが時々溶接線や溶接棒の状態をみるといった注視点移動があげられる。この場合、溶融池の縁が中心部で、溶接線や溶接棒の状態が周辺部である。

図19は注視点移動の第3類型の例である。この例ではAの停留点群を中心として周囲のB, C, Dの停留点群との間で移動している。B, C, Dの停留点群は不明確になっているが、Aの停留点群との間で注視点移動が行われていることは明確である。この場合、Aがアーク、Bが溶接線、Cが溶接棒、Dが溶融池とビードの境を表していると推察でき、アークを中心として溶接線、溶接棒、溶融池とビードの境などから情報を得ようとしている様子が見られる。

図20の例でもAの停留点群を中心として周囲のB, C, Dの停留点群との間で注視点移動が行われている。A, B, Cの停留点群間での移動とA, Dの停留点群間での移動に別れているがB, Cの停留点群からDの停留点群への移動があるときは、かならずAに戻ってから移動しておりB, CからDの停留点群へ直接に移動はしない。

注視点移動の第3類型に含まれるものは2年生, 3年生を通して14件見られ、第2類型に続いて多く出現する。

3-4. 技能習熟にともなう注視点移動の類型の変化

注視点移動の類型が技能の習熟によりどのように変化するかを検討したい。表6はこれを示している。この表は試行回数と注視点移動の類型の変化の関係を示している。

この表によると注視点移動の第2類型, 第3類型は一人の被験者においては習熟初期と習熟後期の両時期で見られる。しかし第1類型は一時期にしか出現しない。また第1類型が出現しない被験者も見られる。そこでこの第1類型の出現する時期を溶接技能の習熟における一段階であると考え、出現する時期の違いによって「溶接技能の到達技能水準」の差を検討することが妥当と考えられる。

注視点移動の第1類型が試行初期に出現するものについて見ると、作業者は「運棒操作等を最良の方法を探している」と推察できる。これによって良い作品ができるように徐々に進歩すると考えられる。また第1類型が試行中期に出現したもの

についても同様に徐々に進歩している。

図21, 図22はそれぞれ第1類型が試行初期に出現した被験者と試行中期に出現した被験者の例について、運棒操作と作品の変化を平均値と標準偏差で表したものである。運棒速度の平均値を見ると中期に第1類型が出現した者は、早い時期に一定の運棒速度になる。しかし運棒速度の標準偏差を見ると大きな値となっている。これは作業者が運棒速度を変化させて試行毎に運棒条件を変化させているのである。作品を見るとビード巾は大きくなり、ズレは小さくなる。ビード巾とズレの標準偏差は試行中期に第1類型が出現した者は次第に小さくなり、徐々に良い作品に近づくという傾向が見られる。

注視点移動の第1類型が試行の後期に出現する者の運棒状態は試行回の増加と共に安定する。この場合、ビード巾とズレの各平均値は全平均値に近い値を示すが標準偏差は大きく、作品としては低水準である。

図23は注視点移動の第1類型が試行の後期に出現する例である。作品の状態を見ると平均値は図19, 図20と同様であるが、標準偏差は大きく、ビード巾の不揃いなことを表している。運棒速度の平均値を見ると、標準偏差は大きな値であったものが次第に平均的な値へと変化する傾向が見られる。これは感覚・運動のコントロールが不十分であったものが意志どおりに運棒できるようになったと推察される。

注視点移動の第1類型が出現しないものは試行の初期から運棒操作、作品ともに安定しており最も高い水準の作業をおこなっている様子が見られる。図24はこの例である。運棒速度の平均値は試

被験者	試行回数			
	第1回	第2回	第3回	第4回
I	1	3	2	0
K	2	3	3	0
Kz	2	3	X	2
Kb	2	2	3	0
Kn	3	3	1	3
H	2	0	X	0
F	1	0	3	2
M	3	2	0	1
O	2	3	2	3

1:第1類型 2:第2類型 3:第3類型
O:分厚でもない X:欠損

表6. 習熟に伴う注視点移動類型の出現の変化

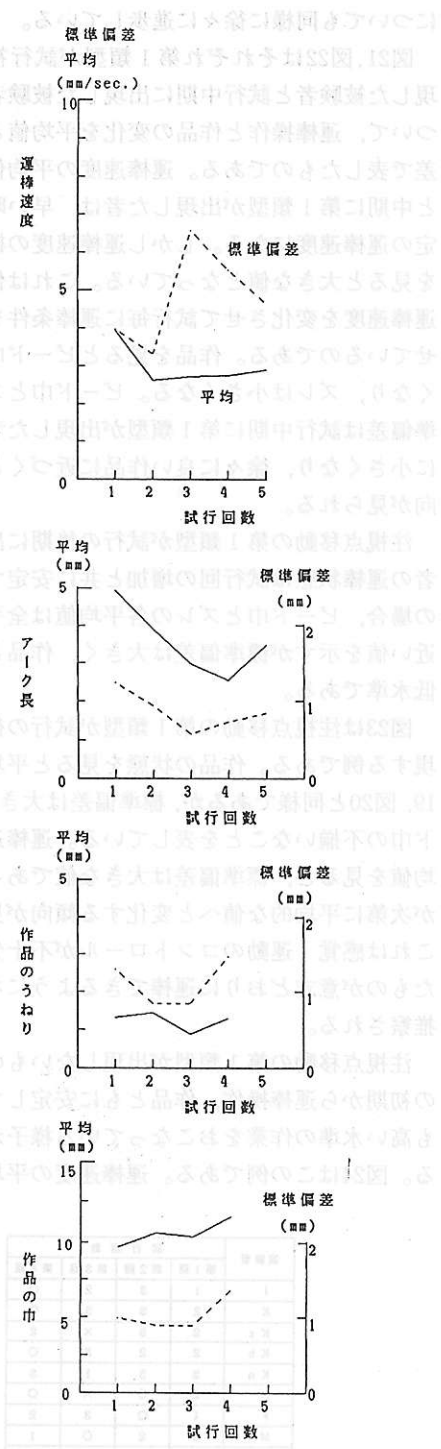


図21. 第1類型が初期に出現する群のパフォーマンスの変化

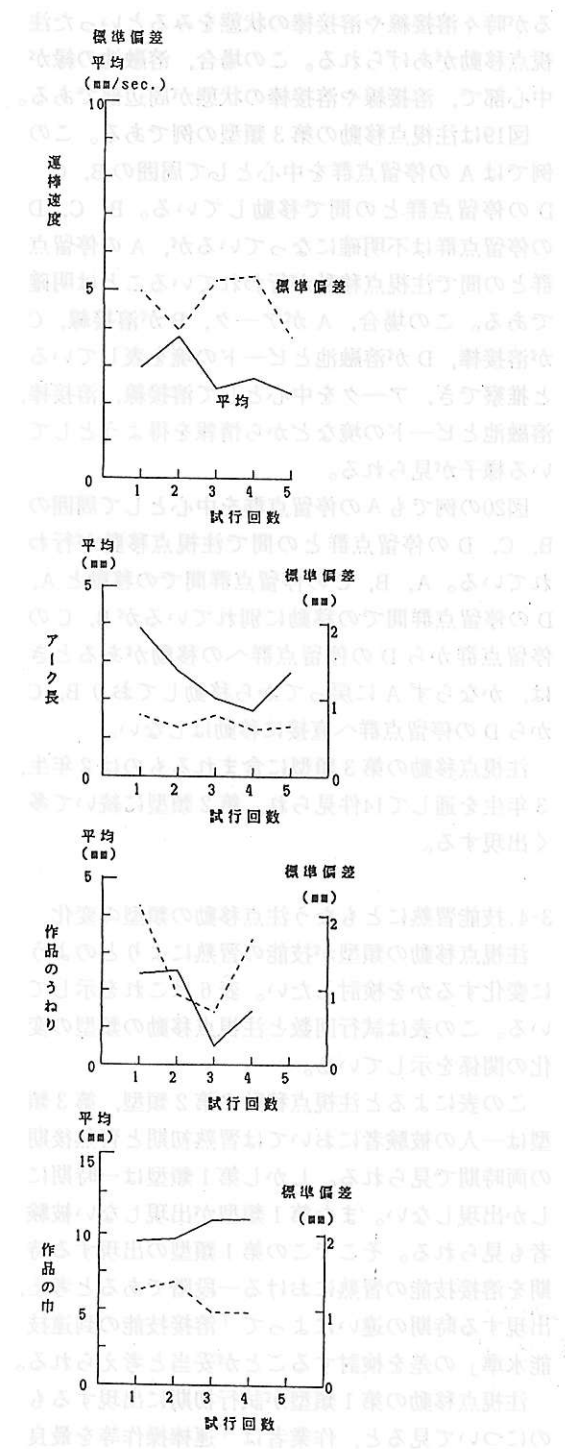


図22. 第1類型が中期に出現する群のパフォーマンスの変化

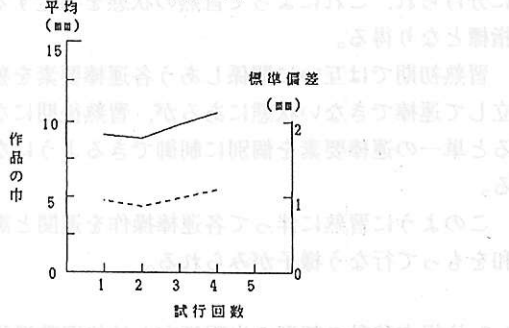
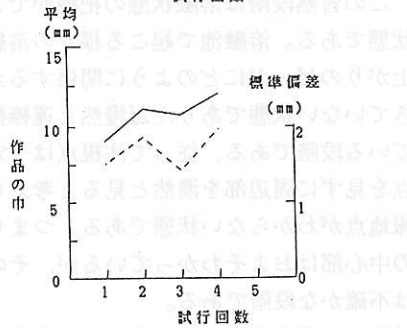
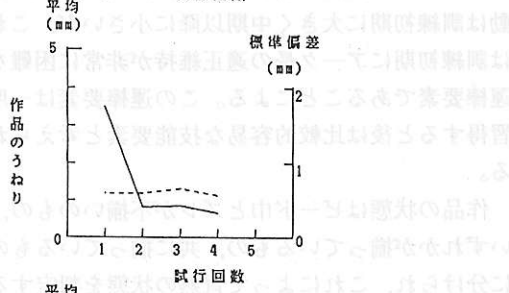
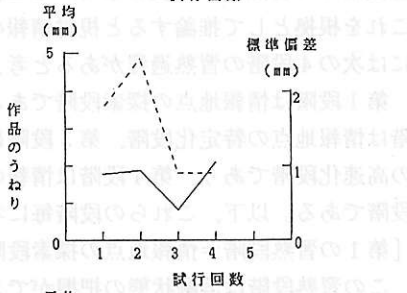
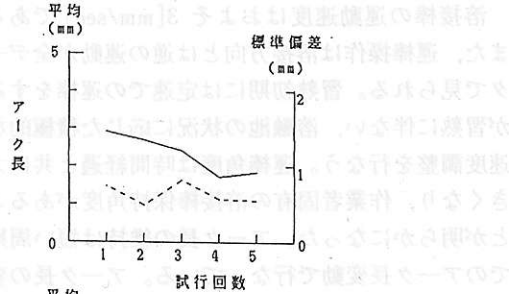
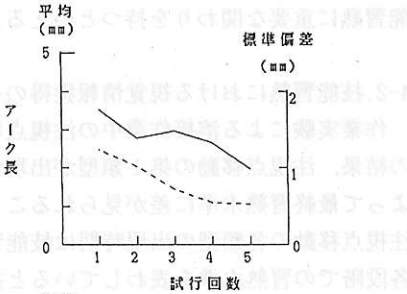
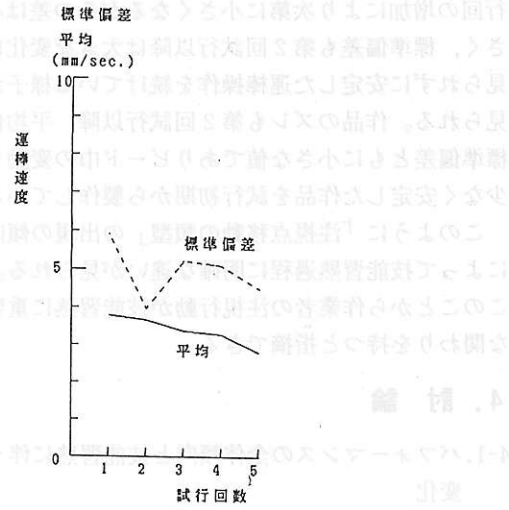
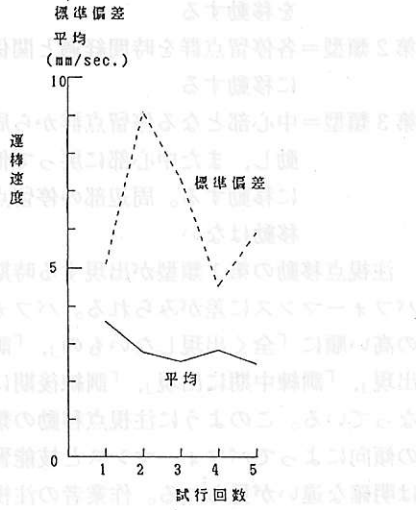


図23. 第1類型が後期に出現する群のパフォーマンスの変化

図24. 第1類型が出現しない群のパフォーマンスの変化

行回の増加により次第に小さくなるがその差は小さく、標準偏差も第2回試行以降は大きな変化は見られずに安定した運棒操作を続けている様子が見られる。作品のズレも第2回試行以降、平均値、標準偏差ともに小さな値でありビード巾の変動も少なく安定した作品を試行初期から製作している。

このように「注視点移動の類型」の出現の傾向によって技能習熟過程に明確な違いが見られる。このことから作業者の注視行動が技能習熟に重要な関わりを持つと指摘できる。

4. 討 論

4-1. パフォーマンスの全体傾向と技能習熟に伴う変化

溶接棒の運動速度はおおよそ 3[mm/sec]である。また、運棒操作は溶接方向とは逆の運動が全データで見られる。習熟初期には定速での運棒をするが習熟に伴ない、溶融池の状況に応じた積極的な速度調整を行なう。運棒角度は時間経過と共に大きくなり、作業者固有の溶接棒保持角度があることが明らかになった。アーク長の維持は短い周期でのアーク長変動で行なっている。アーク長の変動は訓練初期に大きく中期以降に小さいが、これは訓練初期にアーク長の適正維持が非常に困難な運棒要素であることによる。この運棒要素は一度習得すると後は比較的容易な技能要素と考えられる。

作品の状態はビード巾とズレが不揃いのもの、いずれかが揃っているもの、共に揃っているものに分けられ、これによって習熟の状態を判定する指標となり得る。

習熟初期では互いに関係しあう各運棒要素を独立して運棒できない状態にあるが、習熟後期になると単一の運棒要素を個別に制御できるようになる。

このように習熟に伴って各運棒操作を連関と調和をもって行なう様子がみられる。

4-2. 注視点移動の類型の出現傾向と技能習熟過程

注視点移動を停留点群の出現位置によって類型化すると以下の3つの類型に分けられる。

第1類型=時間の経過に伴い順次異なる停留点群

を移動する

第2類型=各停留点群を時間経過と関係なく自由に移動する

第3類型=中心部となる停留点群から周辺部に移動し、また中心部に戻って他の周辺部に移動する。周辺部の停留点群間での移動はない

注視点移動の第1類型が出現する時期によってパフォーマンスに差がみられる。パフォーマンスの高い順に「全く出現しないもの」、「訓練初期に出現」、「訓練中期に出現」、「訓練後期に出現」となっている。このように注視点移動の類型の出現の傾向によってパフォーマンスと技能習熟過程には明確な違いが見られる。作業者の注視行動は技能習熟に重要な関わりを持つといえる。

4-2. 技能習熟における視覚情報獲得の一般原理

作業実験による溶接作業中の注視点移動の分析の結果、注視点移動の第1類型が出現する時期によって最終習熟水準に差が見られることを述べた。注視点移動の各類型の出現時期は技能習熟過程の各段階での習熟水準を表わしていると推察される。これを根拠として推論すると視覚情報の獲得方法には次の4段階の習熟過程があると考えられる。

第1段階は情報地点の探索段階である。第2段階は情報地点の特定化段階、第3段階は情報獲得の高速化段階であり、第4段階は情報の高密度化段階である。以下、これらの段階毎に考察する。

[第1の習熟段階=情報地点の探索段階]

この習熟段階は溶融状態の把握ができていない状態である。溶融池で起こる様々の溶融現象が仕上がりのビードにどのように関係するかが理解できていない状態でありただ慢然と運棒操作を行っている段階である。従って注視点は一定の情報地点を見ずに周辺部を漠然と見ると考えられる。情報地点がわからない状態である。つまり情報地点の中心部はおおよそわかっているが、その他の部分は不確かな段階である。

[第2の習熟段階=情報地点の特定化段階]

この習熟段階はある程度の溶融状態の把握ができる状態である。溶融池で起こる溶融現象とできあがりのビードとの間の関係が理解できる段階で

ある。従って視覚情報を含む複数の停留点群を持つ。しかし、運棒操作が稚拙で安定していない状態であったり、情報を判断する速度が遅いこと等もあって捉えている視覚情報を有効に処理できない。そのため、複数の停留点群を持っていながら特定できない状態にあるのである。つまり、注視点移動の第1類型で時間の経過により停留点群が順次移動するパターンがこの習熟段階を表している。

[第3の習熟段階＝情報獲得の高速化段階]

この習熟段階は溶融状態の把握ができるようになった状態である。溶融池で起こる溶融現象と、できあがりのビードとの間の関係を理解できるようになった段階である。この習熟段階ではすでに腕の安定的運動ができるようになっており、運棒は安定している。ここでは得られる視覚情報を十分な速度で処理できるようになる。このため視覚情報を得ようとする停留点群は特定され、注視点移動を高速化することにより溶融状態の把握を完全なものとするよう試みる。つまり、固定化した停留点群間を自由に移動する第2類型がこの習熟段階を表している。

[第4の習熟段階＝情報の高密度化段階]

この習熟段階では運棒操作が更に安定した状態になる。そして、捉えた視覚情報の処理速度も高速で対処する状態を持続できるようになっている。このため視覚情報の獲得速度を早めるように注視点移動の速度をさらに高速化しようとする。しかし、これには限界があり最も重要な視覚情報に限定させることによって密度の高い情報処理を行なおうとする。従って中心的な情報の停留点群を持ち、その停留点群を中心として注視点移動を行なう。第3類型がこの習熟段階を示している。

この一連の過程を簡潔に表現すると以下のように示すことができる。第1の過程は視覚情報を探索する過程、第2の過程は視覚情報の特定化を進める過程、第3の過程は注視点移動の高速化により視覚情報を多く得ようとする過程、第4の過程は視覚情報の選択により密度の高い情報を多く得ようとする過程である。このように技能習熟に伴う「視覚情報の獲得のプロセス」を記述できる。

4-3. 技能訓練方法への提言

これまでに掲げた結果より以下に掲げるような訓練方法の可能性が考えられる。

①溶接技能の習熟状態の的確な判断

溶接作業中の視覚情報の獲得の実態を捉えることにより訓練生の習熟の段階が判定できる。収集している視覚情報と判断の過程を捉えることにより「溶接をわかって」運棒しているか否かが判定できるのである。この判定で良好とされる者は、より高度な技能への下地が十分に整っていると考えられる。多少の溶接条件の変化にも対応し得るだけの応用力を持つと考える。

②明確な視覚情報の提示

これらの結果を用いて主要な視覚情報内容及び情報地点をあらかじめ指導することが可能である。例えば「スラグのカブリ量」、「溶融池形状」を観察することにより溶融池の変化を察知できる。また、「溶融池の中」、「アーク長」、「保持角度」の観察によりどの運棒要素が変化したのかを察知する等である。

視覚情報の獲得方法の習熟状態を的確に判断することにより、その習熟にあった状態に応じた視覚情報の指導が考えられよう。つまり訓練初期はどの部分に視覚情報があるのかが判定できない状態にあることから、この時期にはどの部分を注視するかを指導することが効果的である。あらかじめ溶接時の視野の映像を録画しておき、これをもとに情報地点を特定させる訓練を行うことが考えられる。訓練中期には情報地点と情報と溶融状態との関わりや、溶融状態と作品のできばえとの対比を指導することが効果的であろう。訓練後期にはさらに高度に観察方法を指導し、先を見通した、技能の進行を意図した情報獲得と処理方法を指導することが考えられる。

③習熟水準の判断方法

訓練生の獲得する視覚情報の内容とその獲得方法を観察することにより訓練生の技能習得のレベルを的確に判断することができる。判断の方法として訓練生の内省報告なども考えられるが直接的に捉えることが重要であろう。

注視点移動と運棒状態や作業結果の関係をさらに詳しく分析することにより、運棒状態、作業結

果等から視覚情報の獲得方法の習熟状態を推定するための客観的指標が得られると考えられる。例えば、「作品の巾がそろふ時はズレが大きくなり、真直ぐに運棒する時は巾が不揃いになるような状態」の時は、「溶融池の巾と溶接線を交互に注視しており注視すべき位置は理解できているが、まだ判断の速度が遅く溶融現象と作品の関係がつかめていない状態にある」というように、かなり具体的な習熟状態の把握を可能にするものとする。

4-4. 研究仮説の検討

[仮説①：技能習熟に伴い視覚情報が特定される]は注視点移動に視覚情報の「探索の過程」、「特定の過程」、「獲得の高速化の過程」、「選択の高密度化の過程」という習熟の段階によって説明が可能であり、支持される。また技能習熟に伴い注視点移動の類型の変化を指摘したことにより、[仮説②：注視行動は視覚情報の特定化に伴い変容する]と[仮説③：注視行動の変容の過程には類型が見られる]は支持される。[仮説④：視覚情報の獲得方法と情報内容は作業結果に明瞭な関係がある]については明瞭とは言えないが関係があることが推定される。しかし、この仮説は情報内容が明確に指摘できないために十分な検証ができていない。観測方法や装置の工夫によってこれらに接近したいと考える。この仮説の検証は今後の研究課題としたい。

文 献

- (1) 新井吾朗：技能習熟における視覚情報に関する研究—被覆アーク溶接作業時の注視点移動を中心に—, 1985, 昭和60年度職業訓練大学校卒業研究論文
- (2) Crossman, E. R. F. W. : A Theory of The Acquisition of Speed Skill, 1959, Ergonomics, vol.2, pp153-166
- (3) 苧阪良二：心理学研究法 3 実験 II, 1973, 東京大学出版会
- (4) 金子秀彬：セレクトティブプロセスとオーガニゼーション, 労働と人間, 1965, 誠信書房, pp190-201
- (5) 職業訓練大学校調査研究部：アーク溶接作業の仕方, 1967, 職業訓練職種作業分析シリーズ, 職業訓練大学校
- (6) 職業訓練大学校調査研究部：自学自習方式によるアーク溶接訓練システム, 1977, 調査研究報告書, 第38号, 職業訓練大学校
- (7) 手塚太郎・岡野寅夫：技能習熟のメカニズムに関する研究, 1984, 職業訓練大学校紀要, 第13号 B, pp45-64
- (8) 永田雅美・栗山洋四：自動車運転初心者の注視行動に関する研究, 1981, 自動車技術会論文集, 第23号, pp85-90, 自動車技術会
- (9) 永田雅美・栗山洋四：障害物で進路を制限した場合のドライバーの視覚行動, 1981, 自動車技術会論文集, pp475-482, 自動車技術会
- (10) 永田雅美・栗山洋四：ミラー注視時のドライバーの視覚行動, 1981, 自動車技術会学術講演会前刷集, 自動車技術会
- (11) 日本溶接協会規格委員会：溶接規格ハンドブック, 産報出版
- (12) 橋本邦衛・遠藤敏夫：生体機能の見かた, 1978, 人間と技術社
- (13) 水田淳一・伊藤祐天・伊南盛治・工藤 盈・麻生銀吾：動力車乗務員の注視行動, 1975, 鉄道労働科学, 第29号, pp115-126
- (14) 森 和夫：生産技能の習熟過程, 1985, 指導科報告シリーズ, 第4号, 職業訓練大学校指導科
- (15) 森 和夫・新井吾朗：指導員が溶接作業中に見ているもの—「溶接作業中の留意点に関する調査」の結果から—, 1987, 技能と技術, pp36-43
- (16) 森 和夫：技能習熟における視覚情報に関する研究—被覆アーク溶接作業時の注視点移動とパフォーマンス—, 1988, 日本人間工学会誌, 第29巻, 特別号, 日本人間工学会
- (17) 安田克彦・日向輝彦：技能における感覚的制御-炭酸ガス半自動溶接の場合-, 1980, 職業訓練研究, 第4巻, pp123-141
- (18) 安田克彦・筒井年男：技能における感覚的制御-アルミニウムのティグ溶接の場合-, 1981, 職業訓練研究, 第5巻, pp47-65
- (19) 労働省職業訓練局, 雇用促進事業団訓練部：

職業訓練実技教科書 溶接, 1973, 雇用問題
研究会

A Study of The Visual Information for Welding Skill

Goro Arai & Kazuo Mori

This study is to make it clear that how changes the gaze behavior with the acquisition process of welding skill. When we do skillful action, we must grasp the relational information of the skill with accuracy. Especially, to grasp with accuracy the information is the most important point for welding skill. We tried to get the key for effective training in pursuit of the acquisition process of welding skill, by making clear the gaze behavior and performance. This study has made it clear the visual information and the way of getting it, by observing a gaze behavior by using Eyemart-Recorder. Two main results are as follows.

1. We found such three types of gazing behavior as follows.
1st type : The gazing place on fixation point moved orderly with time passing.
2nd type : It had the same fixation point of moving freely.
3rd type : It had the central fixation point and it moves around some another fixation point.
 2. We can explain the 4-stages, the process in the way of getting a visual information.
1st stage : The time to watch the place of information in welding point.
2nd stage : The time to specify the place of information.
3rd stage : The time to let the speed of getting the visual information up.
4th stage : The time to select the visual information of high density.
- On the strength of these results, we propose a training method for welding skill aimed at visual information.

A Study of The Visual Information for Welding Skill

Goro Arai & Kazuo Mori

This study is to make it clear that how changes the gaze behavior with the acquisition process of welding skill. When we do skillful action, we must grasp the relational information of the skill with accuracy. Especially, to grasp with accuracy the information is the most important point for welding skill. We tried to get the key for effective training, in pursuit of the acquisition process of welding skill, by making clear the gaze behavior and performance. This study has made it clear the visual information and the way of getting it, by observing a gaze behavior by using Eyemark-Recorder. Two main results are as follows.

1. We found such three types of gazing behavior as follows.
 - 1st type : The gazing place on fixation point moved orderly with time passing.
 - 2nd type : It had the same fixation point of moving freely.
 - 3rd type : It had the central fixation point and it moves around some another fixation point.
2. We can explain the 4 stages, the process in the way of getting a visual information.
 - 1st stage : The time to watch the place of information in melting point.
 - 2nd stage : The time to specify the place of information.
 - 3rd stage : The time to let the speed of getting the visual information up.
 - 4th stage : The time to select the visual information of high density.

On the strength of these results, we propose a training method for welding skill aimed at visual information.