

Preference 志向型インタフェース実験環境の構築と基礎実験

Development of Preference based Interface and Experimental Evaluation

○福井 孝太郎・佐藤 完至*・高橋 信・北村 正晴

○Koutarou FUKUI, Kanji SATO*, Makoto TAKAHASHI, Masaharu KITAMURA

東北大学工学部、*現在 野村総合研究所

Dept. of Quantum Science and Energy Eng., Tohoku University, *Nomura Reseach Institute

キーワード：遠隔操作(Tele-operation)、インタフェース(interface)、マニピュレータ(manipulator)、嗜好(preference)、ジョイスティック(joystick)

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉01 東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻
北村研究室 福井孝太郎、Tel&Fax:(022)217-7907、E-mail:fukui@luke.qse.tohoku.ac.jp

1. 背景

人間・機械系におけるインタフェースの果たすべき役割の重要性が、近年特に指摘されている。原子力プラントや航空機に代表される大規模複雑システムにおけるインタフェースに関しては、安全性の向上という観点から様々な研究が行われており、改良型沸騰水型原子炉(ABWR)の操作盤や¹⁾、Glass Cockpit²⁾という形でその成果が実用に供されつつある。本研究では、今後宇宙環境や深海そして強放射線場などの極限環境での作業に不可欠となる遠隔操作におけるインタフェースに着目する。このような遠隔操作における人間と機械の関係に関しては、「時間遅れ」³⁾、「タスクレベル制御、力制御」⁴⁾などがトピックとして研究されているが、本研究では遠隔操作の作業を一つの例として、個人毎のインタフェースに関する好みの違いをどのように考慮すべきかという点に関しての検討を行った。

前述の原子力プラントや航空機のインタフェースも含めて、高度にコンピュータ化されたインタフェースにおいては、情報の提示や操作が全てのユーザに対して画一的である。つまり、本来全く同じであるはずのない多様なユーザに対して、全く同じ形態のインタフェースに適應することを強制しているわけである。インタフェースの構成法に関して自由度の少なかった

初期のプラントや航空機に関してはこれは致し方ないことであったであろうが、コンピュータの導入によりインタフェースがより自由に設計できるようになった現在、ユーザに適應を強いるという発想を捨てて、このような大規模システムのインタフェースにおいてもユーザの個人的嗜好を許容するような枠組みを準備すべきであろうというのが筆者らの主張である。

このような大規模システムにおける個人の嗜好を考慮したインタフェースへ向かう第一段階として、本研究では、遠隔操作を対象としてインタフェースにおける個人嗜好の有意性とインタフェース評価という観点から実験的に検討を行った。遠隔操作におけるインタフェースは、送られてくるタスク環境の画像情報に基づきタスクを実行するためのものであり、本研究では、時間遅れを考慮しないロボットアームの操作を対象とした。被験者を用い、簡単なタスクを行ってもらい認知実験を通じて、次に上げる点の検討を目的とした。

- (1)自由度の与えられたインタフェースにおける、ユーザ毎の差異
- (2)自由度を与えることのタスクパフォーマンスへの影響
- (3)ユーザに与えた指示のタスクパフォーマンスへの影響

2. 実験

2.1 実験環境

今回行った実験の全体構成を図1、実際の操作環境を図2に示した。

操作者は、ジョイスティック (3軸、8ボタン) 及びマウスの2つの操作デバイスを自由に選択でき、ロボットと、2つの可動カメラを制御することができる。但し可動カメラは2台で、カメラ操作は限られた数のボタンによって行うため、操作の切り替えが必要となる。この操作環境を構築するためロボットマニピュレータ操作ソフト「Kitamura Lab. Manipulator Operating System」(以後KL-MOSと略す)を開発した。このソフトを用いることによってロボットマニピュレータの関節ごとの制御とハンドの開閉、可動カメラのPan/TiltとZoom (10倍) の操作をマウス及びジョイスティックから行うことができる。

操作者は液晶ディスプレイ2台に映された可動カメラの映像とPCディスプレイ上に映し出される固定カメラの映像を見ながらタスクを実行する。3台のカメラ

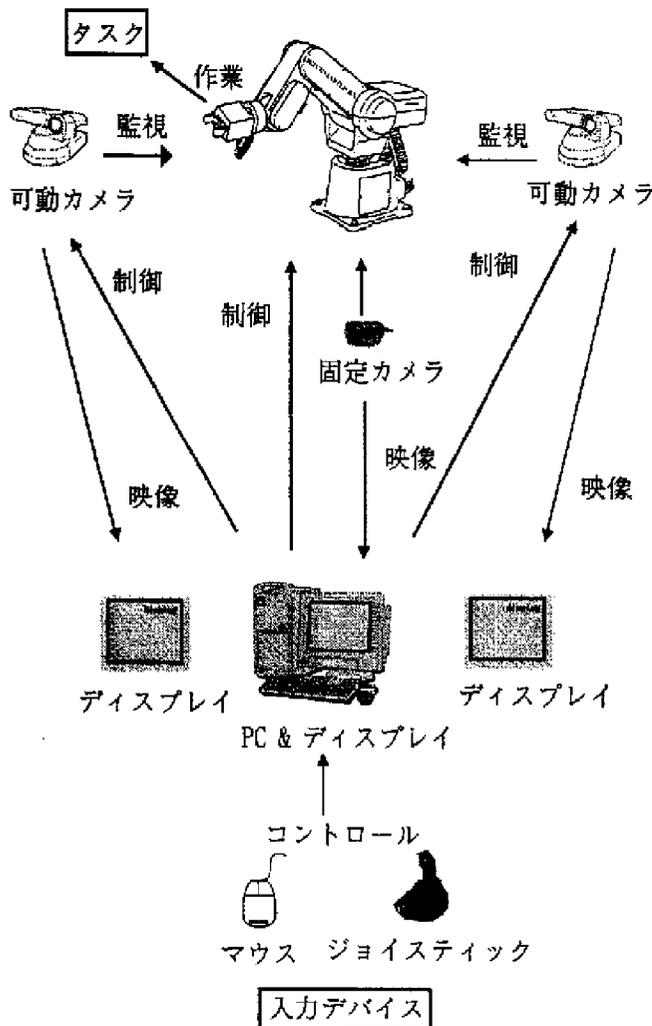


図1 実験の全体構成図

の配置は、実験前の予備実験の中でタスク実行に対し適切と思われた配置である。カメラの映像を図3、4、5に示した。

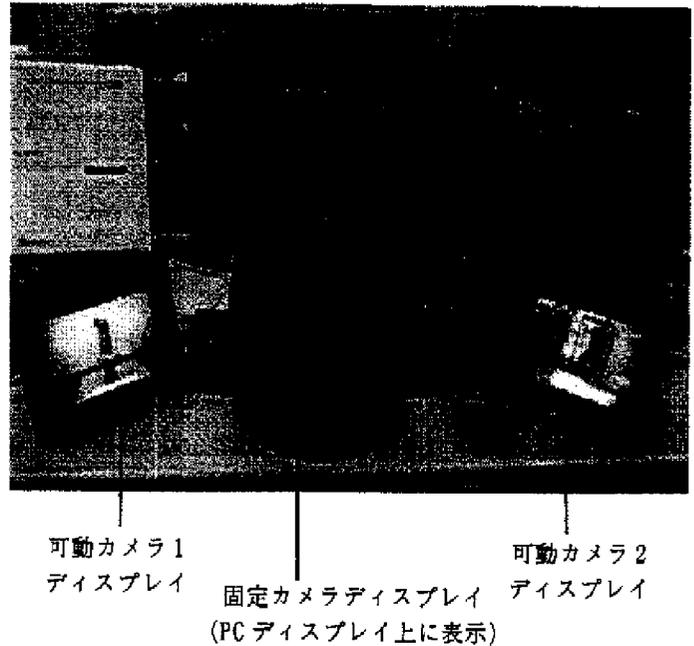


図2 操作環境

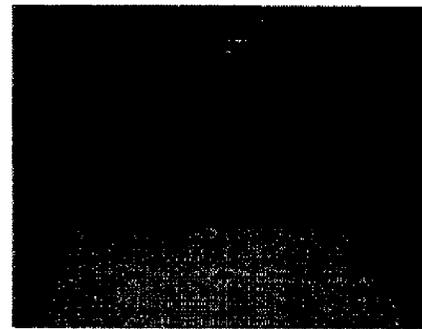


図3 正面図 (可動カメラ1)

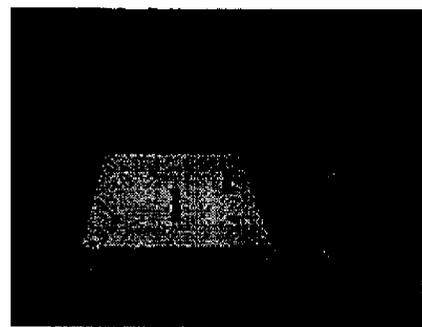


図4 側面図 (可動カメラ2)

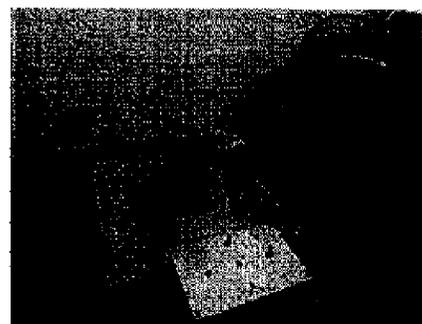


図5 全体図 (固定カメラ)

2.2 タスク

以前、本研究室で行われた単純なハンドマニピュレータによる実験において、以下のような操作者の能力に基づいてパフォーマンスを評価する方法が提唱されている。⁵⁾

1) 空間認知能力

与えられた2次元のイメージから3次元のイメージを再構成する能力。

2) 空間的な操作能力

物体を意図するように扱う能力。

本研究においても、この考えを踏襲し被験者に以下の2種類のタスクを課した。

(1) マーキング

紙の上にランダムに描かれた円の中に、あらかじめ把持したペンでタッチするタスクである。難易度を円の大きさにより2段階に設定した。さらに、難易度低では被験者に「できるだけ速くタスクを遂行して下さい」という指示を与える場合と「円の中心を正確に狙ってタスクを遂行して下さい」という指示を与える場合の2種類を行った。中心を狙ってもらふ際の指針として円の中に同心円をいくつか描いた。難易度高に関しては上記2つの指示のうち、前者の指示を与えた。

(2) ベグインホール

ベグに相当する大型ステレオジャックの抜き差しを

行うタスクである。ジャックと差込口とのクリアランスにより、難易度を2段階に設定した。被験者への指示は速さを要求した。

表1に本実験で一人の被験者に行ってもらふタスクとその条件を示す。実験順序は条件毎に上から下へと移行した。実験を行う回数は、それぞれの条件において5回ずつである。

2.3 被験者

被験者は23~25才の理工系大学院生の男性4名で、いずれも実験で用いたロボットマニピュレータの操作経験はない。また、実験中は全員に同じ間隔で休憩を取ってもらい、できるだけ実験条件が同じになるよう配慮した。一人あたりの合計実験時間は約10時間である

3. 結果及び考察

3.1 被験者毎の性質とインタフェースの影響

実験結果を解析するパラメータの一つとして、タスク実行時間 T_c のメジアンを採用し、被験者の全体的なパフォーマンスの評価値とした。

表2に被験者の特性を見るため、タスク毎のデバイス別 T_c のメジアンが最も早いデバイス (Best T_c Device) 及び最も遅いデバイス (Worst T_c Device) を示した。デバイスはジョイスティック、マウス、自由選択 (selectable) の3種で可動カメラの操作は自由、の条件下である。この表において A_c 、 S_p は被験者への

表1 実験のタスクと条件

タスク	難易度、指示	操作デバイス	可動カメラ
マーキング	低、正確さ	ジョイスティック	操作可
		マウス	操作可
		自由に選択、変更可	操作可
		自由に選択、変更可	操作不可
	低、速さ	ジョイスティック	操作可
		マウス	操作可
		自由に選択、変更可	操作可
		自由に選択、変更可	操作不可
	高、速さ	ジョイスティック	操作可
		マウス	操作可
		自由に選択、変更可	操作可
		自由に選択、変更可	操作不可
ベグインホール	低、速さ	ジョイスティック	操作可
		マウス	操作可
		自由に選択、変更可	操作可
		自由に選択、変更可	操作不可
	高、速さ	ジョイスティック	操作可
		マウス	操作可
		自由に選択、変更可	操作可
		自由に選択、変更可	操作不可

表2 Best & Worst T_c Device

Subject	Task	Difficulty	Best T_c Device	Worst T_c Device
A	Marking	low A_c	selectable(j2m)	joystick
		low S_p	selectable(m)	joystick
		high S_p	mouse	selectable(m)
	Peg In Hole	low S_p	selectable(j)	joystick
		high S_p	selectable(m)	joystick
B	Marking	low A_c	selectable(j)	mouse
		low S_p	selectable(j)	mouse
		high S_p	selectable(j)	mouse
	Peg In Hole	low S_p	selectable(j)	mouse
		high S_p	selectable(j)	mouse
C	Marking	low A_c	selectable(j)	mouse
		low S_p	selectable(j)	mouse
		high S_p	selectable(j)	mouse
	Peg In Hole	low S_p	selectable(j)	mouse
		high S_p	selectable(m)	joystick
D	Marking	low A_c	selectable(j)	mouse
		low S_p	joystick	mouse
		high S_p	selectable(j)	mouse
	Peg In Hole	low S_p	selectable(j)	mouse
		high S_p	selectable(j)	joystick

指示が「正確さ」か「速さ」ということを表している。また、selectableの後ろの括弧内が「m」であればマウス、「j」であればジョイスティックを選択したことを表し、「j2m」はジョイスティックからマウスへ途中で変更したことを表している。

いずれの被験者も selectableの場合が、ほとんどの条件で最もTcが速いという結果になっている。これはある意味当然の結果である。つまり、selectableの実験条件の前に被験者はマウスとジョイスティックを既に経験しており、その経験に基づき自分に適したデバイスを選択しているはずだからである。ここで得られている結果の範囲内においては、被験者は一度選択したデバイスに固執して、実験の途中でデバイスを変更することはほとんどないという結果が得られている。これに対し、被験者Cはジョイスティックを選択する傾向にあったが、ペグインホール難易度高においてのみマウスを選択し、最もTcが速くなっている。また、被験者Aもマウスを選択がちであったが、ペグインホール難易度低ではジョイスティックを選択し、好結果になっている。これらはタスクの内容に応じてインタフェースの自由度を被験者が活用したことを示している。

被験者毎の違いという観点からも、デバイスの選択に関して、Aはマウスを好む傾向にあり、B、C、Dはジョイスティックを好む傾向にあるという、個人毎の嗜好の違いの存在を示唆する結果が得られている。

表3に被験者の各タスク、条件毎のTcを基準とした

表3 被験者の順位

TASK	Difficulty	Device	Camera	Ranking			
				1	2	3	4
Marking	low Ac	joystick	yes	C	D	A	B
		mouse	yes	C	D	A	B
		selectable	yes	C	D	B	A
		selectable	no	D	C	A	B
	low Sp	joystick	yes	D	C	A	B
		mouse	yes	D	A	C	B
		selectable	yes	C	D	A	B
		selectable	no	D	C	A	B
	high Sp	joystick	yes	C	D	A	B
		mouse	yes	C	D	A	B
		selectable	yes	C	D	A	B
		selectable	no	C	D	A	B
Peg In Hole	low Sp	joystick	yes	D	C	B	A
		mouse	yes	D	C	A	B
		selectable	yes	D	C	B	A
		selectable	no	C	D	B	A
	high Sp	joystick	yes	C	B	D	A
		mouse	yes	C	D	B	A
		selectable	yes	B	C	D	A
		selectable	no	B	C	D	A

順位を示した。Camera欄のyes、noはカメラ操作可、不可を表している。この表から被験者C、Dは、ほとんどの条件のタスクにおいてA、BよりもTcが速いことが分かるが、ペグインホールに関しては被験者Bの順位が実験を進めるにつれて上がっている。実験中、被験者Bがペグの抜き方をより効率的に変化させたことが観察されており、それが順位上昇の原因であると考えられる。これは被験者Bがタスク遂行に関する効率的なstrategyを獲得していったということである。しかし、そのようなstrategyを獲得していきながらもマウスを用いるタスクでは、ジョイスティックを用いるタスクに比べて順位が落ちている。被験者Bはselectableにおいてジョイスティックを選択する傾向があったことから、デバイス選択というインタフェースにおける自由度はタスク遂行のパフォーマンスに影響する、ということを示唆していると考えられる。

図6に正確さを指示した場合と速さを指示した場合のTcと、マークされた印が円に描いてある同心円のうち、どの円の中に入っているかを基準に16点満点で採点した点数との相関を示した。直線で結んでいる2つのデータは右が正確さを指示したタスク、左が速さを指示したタスクを表している。いずれの被験者も右上がりの傾向を示しており、これは2つの指示の内容からも予想された結果である。被験者A、Bは表3から分かるようにC、DよりもTcは遅いが、この図から点数はC、Dよりも高いことが分かる。このことから、被験者A、Bは比較的慎重にタスク遂行に当たっており、それが被験者C、DとのTcの差に少なからず影響を与えていると考えられる。

正確さの指示をした場合の点数を見ると被験者A、B、Cよりも被験者Dは点数が低い。このことから被験者Dの空間認知能力は他の3人に比べて劣っている可

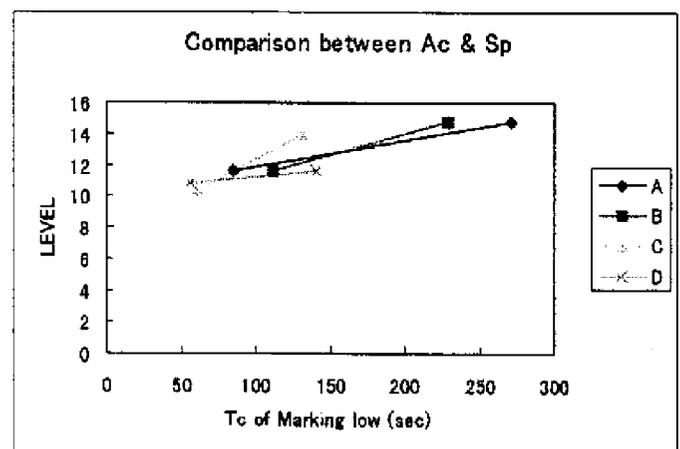


図6 正確さの指示と速さの指示をした場合の比較

能性がある。これは正確さの指示と速さの指示をした場合の点数の差が被験者A、B、Cはほぼ同じであるが、被験者Dはその差がほとんど変化していないことから分かる。

図7、8にデバイス毎の難易度低、高のTcの差を示した。マーキングにおいて被験者A、B、Dは難易度の増加に伴い、 ΔTc は正、つまりTc増加の傾向にある。これに対し、被験者Cは操作デバイスがジョイスティック、マウスの場合はゼロ、負になっている。これは被験者Cが他の3人に比べ、難易度の増加を凌駕するロバスト性を有していた、もしくは実験環境、デバイス操作に対する高い習熟度を有していた、と考えられる。被験者Cはペグインホールでもこの傾向が見られる。また、被験者BもペグインホールにおいてはCと同様の傾向が見られる。しかし、これは表3における考察で述べたように被験者Bがstrategyを獲得していったことが原因であり、被験者Cが示した挙動の原因とは異質のものであると考えられる。

図9、10に操作能力の安定性を比較する一例としてペグインホールにおけるTcのメジアン推移と、Tcの最速タイムと最も遅かったタイムの差の推移を示した。

横軸は実験を行った条件順にとっている。メジアン推移でタスクが難易度低から難易度高へ移った部分を比較すると、被験者B、CよりもA、Dの変化率が大きい。これは、B、Cが他の二人よりもタスクの難易度増大に対するロバスト性が高いと考えられ、Cに関しては図7、8における考察で述べたこととも一致する。また、最速タイムと最も遅かったタイムとの差の推移を比較すると、被験者Cは他の三人に比べてばらつきが少ないことが分かる。このことから、被験者Cは安定した操作能力を有していると考えられる。また、被験者A、Dを比べるとタスクの難易度増大に伴って極端に操作能力の安定性が悪くなっているという挙動は類似しているが、その後、被験者Aは徐々に実験環境に習熟しているのに対して、Dはばらつきが大きくなっている。これは被験者Dの操作能力の不安定さを示していると考えられる。

3.2 可動カメラ操作可、不可に関する結果

図11、12にペグインホールにおけるカメラ操作可とカメラ操作不可の場合のTcの差とカメラ操作可のとき

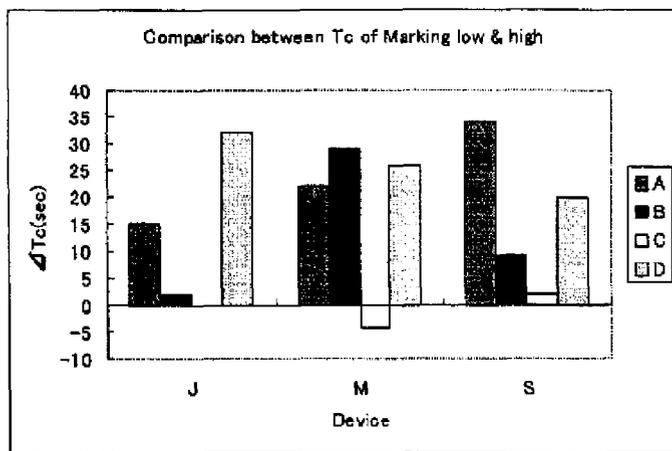


図7 マーキング 難易度低、高の差

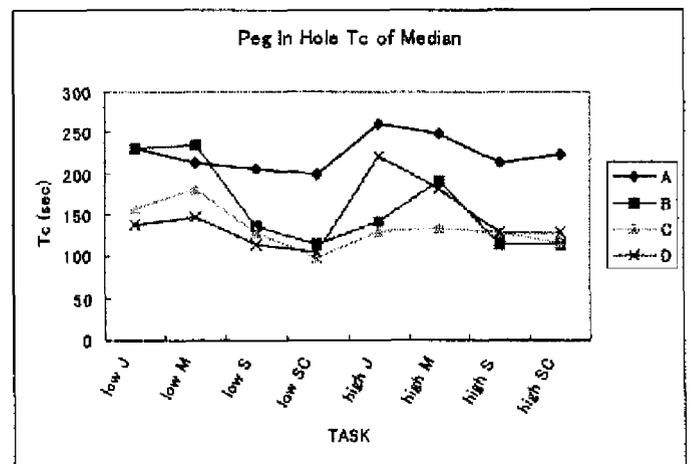


図9 ペグインホール Tc

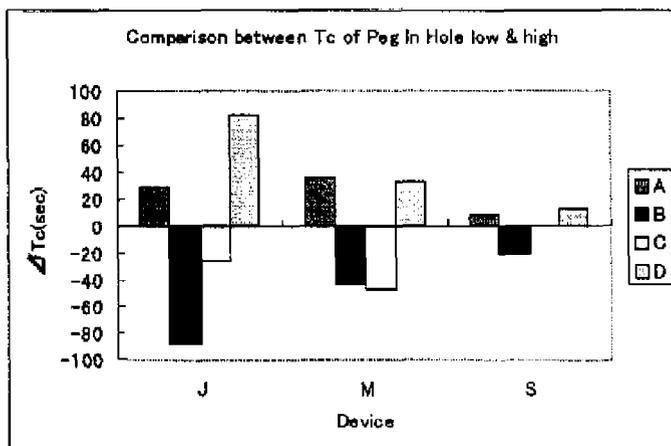


図8 ペグインホール 難易度低、高の差

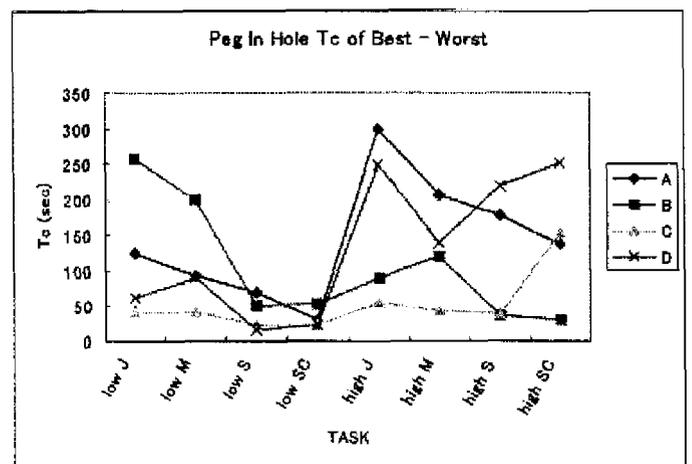


図10 ペグインホール Best Tc - Worst Tc

のカメラ使用率を示した。このカメラ使用率は、操作デバイスにジョイスティックを用いている場合は、ジョイスティック操作時間に対するカメラ操作時間の割合を、マウスを用いている場合は、ロボット操作のためにマウスのボタンを押した回数に対するカメラ操作のためにボタンを押した回数の割合を表している。図11から難易度低の場合は、いずれの被験者も ΔT_c が正、つまりカメラ操作可の場合の T_c がカメラ操作不可の場合よりも長いことがわかる。これは、単純にカメラを操作するための時間が加算されただけで、カメラを動かせるということがパフォーマンスの向上には直接結びついていないと解釈することが可能であろう。これに対して、図12に示される難易度高の場合は、被験者A、B、Dに関して、カメラ操作可の場合の T_c が短いまたは不可の場合とほぼ同じとなっている。カメラの操作時間が加算されているにもかかわらずこのような結果となっているのは、カメラを動かせるということが、タスクの遂行上効果を持っていたということを示している。また、難易度低の場合全くカメラを動かさなかった被験者Dが難易度高の場合はカメラを動かしていることもこの事実を支持している。

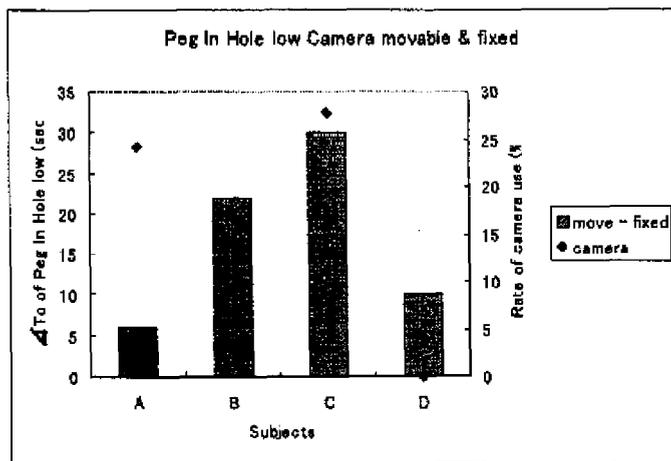


図11 ペグインホール難易度低

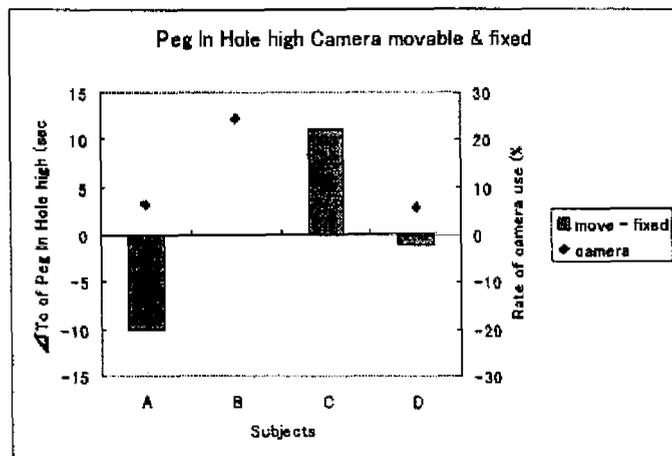


図12 ペグインホール難易度高

4. アンケートによる主観的評価

実験終了後、全被験者に次のようなアンケートを行った。

- (1) タスク遂行を困難にしている原因は、主にインタフェースにあるのか、それとも作業自体の難しさにあるのか？
- (2) インタフェースの良さを決めている原因として以下の四つの要素が挙げられる。
 Int1. 操作デバイス選択の自由度
 Int2. 操作デバイスの使いやすさ
 Int3. 空間的位置の認識のしやすさ
 Int4. 画像情報の自由度
 それぞれの要素の重要性とその順序は？
- (3) 作業の難しさを決めている原因として以下の三つの要素が挙げられる。
 Ope1. 必要とされる操作の細かさ
 Ope2. 作業達成の確認のしやすさ
 Ope3. 作業実行の手順の複雑さ
 それぞれの要素の重要性とその順序は？
- (4) 好みのデバイスは？
- (5) カメラを操作できることは作業を行う上で重要であったか？

以上のようなアンケートを行い、(1)～(3)は被験者毎の主観的な数値で答えてもらった。

図13、14に(2)、(3)の結果から被験者がどれくらいの割合で、どの要素を重要と考えているのかを示した。

図13からインタフェースの良さを決めている要素として、「空間的位置の認識しやすさ」が最も重要であるという考えはいずれの被験者も同じであることが分かる。

被験者A、Cはタスクの難易度に応じてデバイスを変更した二人である。彼らは被験者B、Dに比べて「操作デバイス選択の自由度」という要素の重要性が高いと考えていることが分かる。これは、操作デバイスを変更できることが、タスクの遂行に好影響をもたらしていることを示唆している。また、被験者Cだけが、「画像情報の自由度」よりも「操作デバイス選択の自由度」の重要性が高いと考えていることが分かる。今回の被験者の中で最も高い能力を有していたと考えられるCがこの様な結論を出していることから、能力の高い被験者はインタフェースの性質や特性を理解し有効に利用し得る、と考えられる。

図14から被験者A、Bは作業の難しさを決めている原因として最も重要な要素は「必要とされる操作の細かさ」と考えていることが分かる。それに対し、被験者C、Dは「作業実行の手順の複雑さ」が最も重要であると考えている。このことから、被験者A、Bがタスク遂行中、マニピュレータに如何に微妙な動きをさせるかに注意を払っていたかが分かる。被験者A、BはC、Dよりも慎重にタスク遂行に当たっていた、という3章における考察とも合致する結果である。

被験者A、B、Cに比べ被験者Dは「必要とされる操作の細かさ」を他の要素よりも軽視していることが分かる。3章、図6の考察で被験者Dが他の3人よりも空間認知能力が劣っている可能性があるとして述べた。被験者Dは正確さを指示した場合のマーキングタスクにおいて、点数が他の3人よりも低かった、というのがその論拠であるが、この図14からは被験者D固有の性質、性格という要素がタスク遂行に影響を及ぼした、という可能性も見いだせる。

次に表4にアンケート(1)、(4)、(5)の結果を示した。(1)はインタフェースによって規定される部分を1と

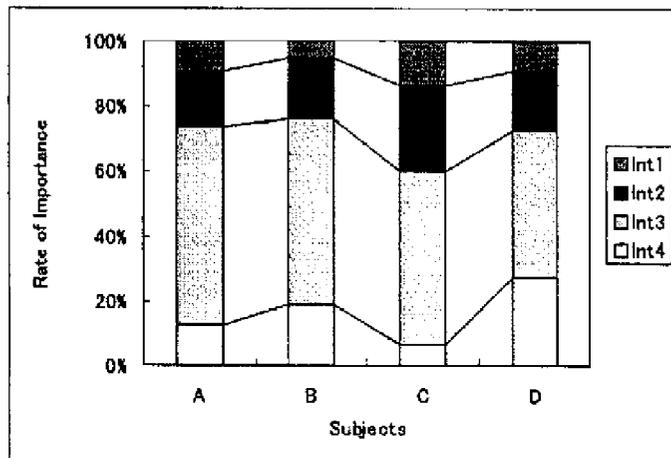


図13 インタフェースの主観評価

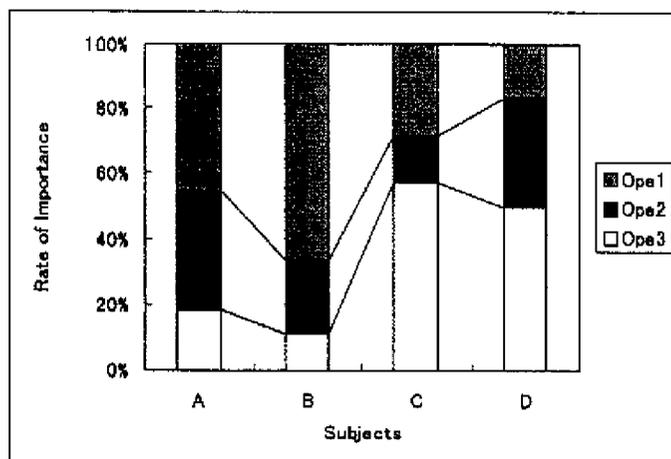


図14 作業の内容の主観評価

した場合の作業自体の難しさを数値で答えてもらったものである。被験者Cのみが全く反対の認識を持っていることが分かる。つまり被験者Cにとって、タスク遂行を困難にしているのは、作業自体の難しさよりもインタフェースの性質によるところが大きいということである。インタフェースが、より被験者Cの嗜好に適應できるものであれば、Cのパフォーマンスはさらに向上すると考えられる。

好みのデバイスに関しては、3章で述べた考察とはほぼ一致する結果である。被験者Cに関しては、どちらが好みということは限定せず、「細かい作業をするならマウス、大まかな作業をするならジョイスティック」というように状況に応じてデバイスを使い分けることの有効性を示唆する回答をしている。

カメラ操作の有効性に関しては全員がyesと答えているが、図13から、カメラ操作ができること(画像情報の自由度)よりも「空間的位置の認識しやすさ」つまり、カメラから得られる情報の方が重要性が高いと考えていることは上述したとおりである。しかし、これらの要素は実験で用いるディスプレイの解像度やカメラの初期位置などの違いに左右されやすいと考えられる。解像度を上げる、もしくはカメラの初期位置を変えることで、被験者の考えが逆転する可能性も充分にあり得る。

5. 考察と結論

5.1 実験結果の解釈

本研究においては、ユーザー毎のインタフェースに対する嗜好に焦点を当てて実験研究を行ってきた。3章で述べた実験結果を検討した結果として、第一に結論づけられることは、各個人固有の性質自体が、個人毎に大きく異なっているということである。これはある程度は予想していたことであるが、この性質が単に「優れている」、「劣っている」という尺度ではなく、以下に示すような多様な性質が実験を通じて明らかにす

表4 アンケート(1)(4)(5)の結果

被験者	インタフェースを基準とした場合の作業の難しさ	好みのデバイス	カメラ
A	5	M	yes
B	7	J	yes
C	0.8	細M、大J	yes
D	5	J	yes

ることが出来たと考えている。

- A: 慎重、丁寧、難易度の高低がタスク遂行に影響されやすいが、実験環境に対する習熟度を有する
- B: 慎重、丁寧、strategyを発見するような適応力を有する
- C: タスク遂行が速い、難易度の変化に対するロバスト性が高い、操作能力が安定している
- D: タスク遂行が速い、空間認知能力が相対的に劣る、操作能力の安定性に欠ける

インタフェースに許容した自由度を活用するかどうかという観点の解釈においては、このような個人毎の性質の差異を基礎において考える必要がある。ここで、1章で示した、今回の実験で着目した点に関して、実験結果を解釈した結果は次のようになる。

(1) ユーザ毎の差異の存在

結果を見ると確かに選択したデバイスには差異が見られ、被験者毎の嗜好の違いが観察されている。また、カメラの操作に関しても、平均的にカメラを頻繁に動かす被験者(被験者B)、タスクの難易度に応じてカメラを動かす度合いが違う被験者(A, C)そして全般的に動かす頻度が少ない被験者がおり、被験者毎の差異が観察された。これらは、前述の被験者毎の性質の差異に関連して説明できる内容である。

(2) 自由度を与えることのタスクパフォーマンスへの影響

もともと異なる性質を持っている被験者間で、絶対的なパフォーマンスを比較することは困難であるが、平均して最も速いTcとなっている被験者Cが、デバイスを状況に応じて変更している点は興味深い。また、カメラの操作に関しては、明らかに操作を許した方が、高難易度の場合良いパフォーマンスをもたらしている。これは、高難易度の場合にはクリアランスの少ない穴にペグを正確に差し込むためには、ズーミングしなければならぬという状況であり、必ずしも嗜好による選択という問題ではない。しかしながら、このようにタスクの内容に応じて、自由度を許容することがパフォーマンスの向上につながるという事実は確認できたと考えられる。

(3) ユーザに与えた指示のタスクパフォーマンスへの影響

指示に対する影響は、個人の持つ性質を良く反映した結果となっている。これは、被験者が持つ能力の差とは別の、作業結果状態に対する認識の違いと解釈することが可能である。このように、異なる指示を与えた場合の被験者の挙動の変化は、各個人の持つ固有の性質を明らかにする上で重要な情報源となることが結果から示唆された。

5.2 主観的評価に基づく結論

4章における主観的評価に関する考察から、被験者の主観がマニピュレータ、カメラの操作形態に反映されていることが確認できた。また、3章における結果とも一致する部分があることが認められた。これは被験者がどのように操作を行ったか、という事実を元にした解析は、その被験者の主観を評価するのに有効な場合があるということを示唆している。一方、主観を評価することで、同一の被験者でありながらも3章で行った解析結果とは違った視点の結果も得られている。

以上のことから、ユーザ、インタフェースの評価を行うに当たり、実験結果の解析とユーザの主観評価の二つを行うことで、より詳細な評価が可能となることが確認されたと考える。

6 今後の展望

今後も継続して実験を行っていく予定であるが、特に以下のような課題を検討する予定である。

(1) 学習効果の影響

今回の実験では、インタフェースに対する習熟の様子を検討することも一つの課題であったが、制御パラメータを多くとっているために、学習に関しては明確な知見を得ることが出来なかった。今後は、制御パラメータを限定し、インタフェースの自由度が学習効果に及ぼす影響に関して検討を加える予定である。これに関連して、今回の被験者Bに見られたようなstrategy獲得の過程についても検討を行いたいと考えている。

(2) ユーザ特性の系統的な評価

今回の実験では、ユーザ固有の性質がパフォーマンスと密接な関係にあることが示された。今後は、更に被験者を増やした実験を通じて、多様なユーザの性質

の系統的な評価法に関しても検討を行っていく予定である。

(3) ユーザの嗜好に適応可能なインタフェースの設計

本研究では、ユーザに許容する多様性とデバイスと画像情報の面から考慮しているが、今後は更に広範囲なユーザの嗜好に適応できるようなインタフェースを考えていく予定である。

参考文献

- 1) 松本純一：ABWR 型中央制御盤およびシミュレータの開発、火力原子力発電 Vol145、No. 7 (1993)
- 2) L. F. E. コームス著 / 青木謙知識：コクピット変遷史、イカロス出版(1997)
- 3) Thomas B. Sheridan: Telerobotics, automation, and Human Supervisory Control, The MIT Press(1992)
- 4) Steven B. Skaar, Carl F. Ruoff: Teleoperation and Robotics in Space, Vol161 Progress in Astronautics and Aeronautics (1994)
- 5) M. Kitamura, M. Takahashi and K. Sugiyama, Evaluation of Operator Performance in Manipulator Handling, Proc. of ANS Third Topical Meeting on Robotics and Remote Systems, pp.10-5-1/7,(1989)