

無重力環境下での知覚－動作機能の研究
「手動制御特性の研究」

代表研究者：多田 章 （航空宇宙技術研究所）

協同研究者：岡部 正典 （航空宇宙技術研究所）

1. 要旨

機械を運転するオペレータの特性が、宇宙環境では地上とどのように違うかを調べ、宇宙における人間－機械系設計の基礎資料を得るとともに、人間の知覚－動作機能解明の一助にする目的で、宇宙実験を含む手動制御研究がすすめられて来たが、1993年9月にスペースシャトルのSTS-47飛行に搭載された第一次材料実験（FMPT）の1テーマとして、手動制御の宇宙実験および地上対照実験が実施された。その結果、次のような無重力の影響が明らかになった。

宇宙酔いにより、手動制御特性が劣化した。視線移動および焦点変更が負担となり、輝点は周辺視を利用して見た。これは体液シフトの影響である可能性が強い。手首の動きの反作用としての体の動きを押さえる作業負担が大きかった。腕時計の慣性力が大きいと感じて腕からはずした。これは抗重力筋が弛緩していたことの影響と考えられる。宇宙での動作は総じて緩慢であるが、手動制御作業では地上と同じ速さの動作をせざるを得なかった。これは手動制御作業が、人間の活動を定量的に規定する指標に利用可能なことを示している。

数値データについて周波数領域での解析を行った結果、宇宙実験におけるオペレータ記述関数は無駄時間を伴う微分特性を示した。地上実験におけるオペレータ記述関数ではこれに低周波利得の増大、リグレーション（高周波利得の減少）が加わって複雑な形状になっていると考えられる。無駄時間は宇宙実験で増加し、帰還後の地上実験では速やかに回復した。リグレーションは宇宙実験で消失し、帰還後の地上実験では再び回復したが、無駄時間の変化に較べ緩やかな変化であった。

2. 序論

乗り物や機械を人間が操縦する能力は、宇宙でも地上と同じであろうか？

工学的に人間の操縦特性を表現するには、機械系とそのオペレータで構成される手動制御システムに、人間にとってはランダムに感じられるが解析的には性質の明らかな試験信号を加え、オペレータにとっての入力と出力の関係を、オペレータ記述関数と呼ばれる一種の記述関数の形で表現する方法が有力である。オペレータ記述関数は操縦されている機械の特性や試験信号の特性によって異なるが、熟練した被験者の記述関数は同じ環境条件ではいつも同じ（被験者間分散、試行間分散が小さい）特性を示すことが知られている。したがって、人間が操縦する乗り物や機械を設計するには、機械特性を推定すれば、対応するオペレータ記述関数が従来のデータから得られ、こ

れらにサーボシステム理論を適用して、オペレータと機械の双方で構成されるシステムの安定性や性能などの評価が計算できる。

しかしながら、従来のオペレータ記述関数データはいずれも地上実験で得られたものであり、宇宙乗り物などの設計に適用するのが適切かどうか検証する必要がある。本研究の第一の目的は、同一の機械を制御する人間の特性が、宇宙環境でも地上環境と同じかどうか、そして異なる場合にはどのような差異があるかを調べることにある。

前庭系のセンサーの一つである耳石器官は、耳石を有毛細胞が支え、有毛細胞の曲り具合に応じた神経信号を発生する仕組みになっている。したがって、軌道飛行での微小重力環境では、前庭系の機能に乱れが生ずることが予想され、実際に宇宙酔の状況や自分の動きについての錯覚現象はこれを裏付けるデータとなっている。また前庭系の機能異常は帰還後にも観察されることが知られており、耳石器官出力の見掛け上の異常に神経機能が対応している可能性が高い。

NicogossianとPoolは、これまでの宇宙飛行で得られた知見をまとめ、人間の諸生理機能が軌道飛行の0 G環境にどのように順応し、帰還後の1 G環境にどのように再順応するかを図式的に表現した。前庭系は0 G環境に1週間前後で順応し、帰還後の1 G環境にも同程度の時間で再順応すると考えられている。体液については、0 G環境に入ると体の頭部方向に分布が偏り、いわゆるムーンフェイスになるが、次第に体液量が減少することが知られている。1 G再順応は前庭系よりも速い。このほか、骨内カルシウムの減少や抗重力筋の衰えが臨床的な課題となっており、手動制御にも影響を与える筈であるが、これらの現象はより緩慢、長期的な順応/再順応過程を辿ることとなり、STS-47の飛行日数7日（実際には8日）での影響は比較的小さいと予想される。

手動制御作業で、乗り物の操縦など体に動きが加わる場合には、前庭系の機能が強く関与していることが分っている。被験者が視覚と前庭覚との両方で乗り物の運動を知ることができる場合には、視覚のみでは制御不可能な乗り物をも制御することが可能になることが示され、制御可能な被制御要素特性の範囲の違いとしてデータが得られている。一方、視覚キューと運動キューが矛盾する場合には、しばしば乗り物酔を発生することが知られている。体に動きが無く、制御対象の運動が視覚のみによって制御者に表示されるような手動制御では、酔を発生しない。

このような知見から、宇宙における手動制御で体に動きが加わる場合には、前庭系の機能を通して無重力が手動制御特性に影響を与えることが予想される。これに対して、本研究の実験のように制御者の体が動かない場合には、同様の予想は困難である。体が動かない場合には、前庭系の機能とは無関係に手動制御が行なわれているかも知れないし、空間識形成や目標追跡時の眼球の動きに前庭系の機能が用いられており、前庭系の機序に混乱が起きると手動制御にも影響が表れるかも知れない。従来の研究では、前庭系が手動制御に関与している可能性が検討されていないからである。本研究で宇宙と地上の手動制御特性に差異が見出されれば、前庭系が手動制御に関与している可能性がある。

また、手動制御特性は無駄時間が推定されるが、人間の宇宙での行動様式が無駄時間に反映される可能性がある。宇宙での人間の動作は総じて緩慢に感じられ、宇宙飛

行士たちが0 G環境への順応様式の一つとして動作を遅くしている可能性を思い起こさせるものであるが、その緩慢さの定量的確認はこれまでなされていない。この実験の目標値の動きは地上実験と全く同じであるから、スティック変位のスペクトル解析によって、地上と同じ早さの動きをする機能が保たれているかどうか調べることができるであろう。

このように、本研究の目的として、機械を運転するオペレータの特性が、宇宙環境では地上とどのように違うかを調べ、宇宙における人間-機械系設計の基礎資料を得るとともに、人間の知覚-動作機能解明の一助にすることを設定した。さらに制御成績などの結果は宇宙環境における人間の活動状況を定量的に示す指標になると考えられた。

3. 実験方法

内容

実験の内容は航空機のパイロットが気流の乱れによって揺れる機体の姿勢を水平に保つ作業を最大限に単純化したものである。

まず、動きの方向は機首の上下、操縦桿の前傾後傾のみに限定する。つぎに、パイロットが機体の傾きを知るには窓と外界の景色の相対関係を主として利用していると考え、窓に相当する表示装置で地平線に相当する灯りを上下に動かして被験者の視覚系情報とする。操縦桿の動きに対する機体の応答は、ジョイスティックを前後に傾けるとその傾き角度が加速度となるような2階の積分特性とする。気流の乱れや追従すべき飛行コースのアップダウンは、被験者が予知できないように疑似ランダム波とした目標値によって模擬する。表示量は目標値と機体応答の差であって、表示誤差と呼ばれている。

このようにして、第1図のブロック線図に示されるような、被験者が表示装置の輝点の上下動を見て、操縦装置を操作し、輝点になるべく中央に来るようにする手動制御実験が構成される。

装置

表示装置は253個のLEDを上下に並べ、そのときどきの表示誤差に対応する1個のLEDのみが輝くようになっている。上下端と中央のLEDは赤色、他のLEDは黄色とした。左右の校正のために左右にも赤色のLEDが1個ずつ配置されているが、これらは校正にのみ利用され試行中に点灯することはない。上下、左右の赤色LEDの距離はそれぞれ1.4メートルである。

被験者は表示装置から4メートル離れたところで制御作業を行う。宇宙実験では身体固定装置で頭部を固定するが、地上実験では椅子に腰掛け、いずれも視線が表示装置に垂直であるようにする。(第2図参照)

操縦装置は、前後回転をするジョイスティック型のマニピュレータであり、バネ反力がついている。宇宙実験では身体固定装置の前部握り棒につけられ、地上実験装置ではコンピュータ卓に固定されて、いずれも被験者の直前に位置する。

実験制御装置はマイクロコンピュータを用いた装置で、試行時にスティック角度を2階積分して機体応答を計算し、メモリーから読み出した目標値との差を表示装置に

出力する。また各試行の始めには眼球位置測定の校正のために、上下左右中央の5個のLEDを1秒ずつ順次点灯させる。

計測データは目標値、表示誤差、スティック変位に加え、電極および生体増幅器を用いてEMG・EOG（手と眼の筋電位）を計測することとした。

手順

宇宙実験は打ち上げ後1日、3日、6日にそれぞれ1セッションずつ都合3セッション行った。比較の基準とするために打ち上げ前6日、4日、2日にも地上対照実験をそれぞれ1セッションずつ行った。また地上環境への再順応を調べるため、帰還後1日、3日、5日にもそれぞれ1セッションずつの地上実験を行った。このほか打ち上げ2か月前にも、技能慣熟訓練直後に都合3セッションのベースラインデータを取得した。

1回のセッションは2回の練習試行（各40秒）と8回の本試行（各130秒）より構成され、各試行の前に5秒の校正がつき、試行終了後次回の校正までに10秒ずつの休憩が含まれている。各日のセッションには生体電極の着脱と写真撮影、被験者コメントの記録が行われる。地上実験においてはセッション終了後に実験者との面接が行われた。宇宙実験においては、FMPTのテーマL-4の視覚安定性の研究と同じ実験装置を用いて実験するため、どのセッションも、実験装置のセットアップ、L-4実験、L-10実験、装置収納の順で作業が行われた。

被験者

被験者はどのセッションでも日本人ペイロードスペシャリストの毛利衛氏で、宇宙実験での生体電極の着脱、写真撮影、実験装置のセットアップおよび収納には、ミッションスペシャリストのマーク・リー氏が支援作業を行った。なお、打ち上げ2か月前実験においては、日本人ペイロードスペシャリストのバックアップである向井千秋氏ならびに土井隆雄氏をも被験者として実験データを収録したが、そのデータは解析結果の比較検討には用いなかった。

4. 実験結果

タイムヒストリー

第3図に飛行前地上実験のタイムヒストリーを示す。被験者は上から2段目に示された表示誤差を入力とし、3段目に示されるようにスティックを動かして出力としている。スティックの動きを2階積分したものが仮想的な制御対象（機体など）の運動で下段に示されている。最上段に示された目標値と良く合っており、したがって表示誤差は小さい。スティックの動きは定常で、前後（本図では上下）で折り返すとき、手を震わせるかのような高周波の動きが加わっている。この動きは毛利氏独特のものであって、高周波振動を極力消そうとする動作と考えられる。すなわち、目標値の疑似ランダム波の最高周波数（1.3 rad/sec）成分は、表示誤差がある程度の速度をもって動いている間は観測困難であるが、制御動作がうまくいき、表示誤差が基準位置近傍で停止するごく短い間には、小さく速く振動する成分として観察できるようになる。この周波数成分は人間が追従可能な周波数の限界附近にあり、通常の被験者は無視するが、毛利氏は同じ周波数の振動を適切なタイミングで加えることにより、表

示誤差からキャンセルしていると考えられる。

第4図に飛行実験のタイムヒストリーを示す。この例はL+1日（打ち上げ後約25時間）の実験のものである。スティックの動きにも表示誤差にも乱れがあり、飛行前のものより定常性が劣っている。スティックの動きの包絡線はとくに非定常性が強いが、地上実験装置と飛行実験装置のマニピュレータの構造が多少異なっていることも影響している可能性がある。前後で折り返すときの高周波の手の動きは減少している。目標値の波形は地上装置のものと完全に一致している。

制御の定常性については、L+3日、L+6日には回復して来ている。

第5図に帰還後実験のタイムヒストリーを示す。飛行前実験のタイムヒストリーと本図との間に、明らかなほどの差異は観察されない。R+1日セッションの試行中に被験者の姿勢に乱れが観察された。第6図に（通常は被験者の視線となる）表示装置原点における垂直線上、被験者後方より撮影した被験者の姿勢を示す。宇宙飛行士の姿勢が帰還後に乱れる現象はよく知られており、毛利氏の場合は左下方への傾きが帰還直後からあったが、本実験においては姿勢が左方に傾いているだけでなく、輝点を注視する視線が表示装置との垂直性を保っていないことが判る。R+3日セッションにおいては、視線は表示装置との垂直性を取り戻している。姿勢が回復しているかどうか観察者によって判定の分れる程度である。R+5日セッションにおいては、姿勢も回復したと観察される。

被験者コメント

手動制御操作は地上と全く同様にできた。

宇宙酔はL+0日（打ち上げ日）はひどくかったが、就寝ののち目覚めてみたら回復していた。L+6日にはぜんぜん感じなかった。

体液シフトの影響と思われる現象として、腹を見る動作の首曲げが困難で、液体をシェイクしたとき首が痛かった。地上ではしばしば肩凝りがあるが、宇宙では肩が全然凝らなかった。L+0日就寝前に腰痛があり、その後は無くて、R+1日以降再び腰痛がある。

気分は、L+0日は頭がポヤーンとしており、確かにしんどかった。L+1日に起きてみると嘔吐感は無くなっていた。宇宙授業が成功裡に終了してからは調子が良くなり、L+4, 5日から90%回復しており、降りて来てからは気分はすっきりしている。

飛行中筋肉は全部弛緩していた。ニュートラルポスチャー（体中の力をぬいて無重力環境を漂うような姿勢）をとったときの腕や腰の角度が、米飛行士の角度が欧飛行士の角度より深いと言われていたが、自分の角度は更に深かった。しゃがみ込む動作は宇宙では困難であった。手動制御操作時に腕時計が重く、いずれのセッションでも練習試行2回目から時計を外した。手動制御動作の反動で体が動くので、左手で身体固定装置のグリップを握り、左足でポールを巻きながら操作を行なった。

空間識の混乱は、視覚安定性の実験で体を45度ロールさせた時に、背景との関係で混乱を生じたが、ほかにはとりたてて混乱を感じなかった。

手動制御実験時の眼球運動については、地上と同様にすると眼が痛くて涙が出てくるので、視線を表示装置中央に固定し、焦点も合わせなかった。目の疲労が激しく、

試行の間の休憩時間には目を休ませるため閉眼していた。

再順応について、集中力はR+1、R+3日に落ちているようだ。(R+3日コメントでは)疲れが出てきたが元に戻ったと思う。(R+5日コメントでは)十分休んだが、影響はまだあり、フラフラする。

帰還後の体の傾きは、R+0(帰還日)から左に傾き、左に進み勝ちとなった。その後、ゆっくり右下に回転している感じがあり、就寝中ベッドから2回転落した。R+3日には回復したように思ったが、R+5日になってみると、まだ微かに傾きの感じが残っているように思う。

第1表に各セッション終了直後に被験者が記入したコメントシートの主観的評価の値を示す。原文も英語で、「Normal 0」が地上訓練における通常値を示し、数字が増すにつれて具合が悪いことを表すこととなっている。

周波数特性

第7図に飛行前実験●と飛行実験○の典型的な周波数特性を示す。システムを駆動している目標値を構成する10本のスペクトルの各周波数において、オペレータの出力であるスティック変位の振幅の、入力である表示誤差の振幅に対する割合がオペレータ利得として上段に示されている。またスティック変位の位相が、入力である表示誤差の位相よりどれだけ進んでいるかが下段に示されている。この被制御要素特性に対する人間の制御についての簡単な近似モデルである微分および無駄時間の特性で宇宙データにフィットしたものが、破線で示された曲線である。

利得については、1.5 rad/sから8 rad/sまでの中周波数領域では地上と宇宙データはほぼ完全に一致している。13.5 rad/sの高周波数成分では、地上実験では、「リグレーション」現象として良く知られているように、モデルより実験データの方の利得が小さいが、宇宙実験ではモデルと同程度になっている。すなわち、リグレーションが消滅している。1 rad/s以下の低周波数領域では地上実験ではモデルよりも利得が増加しているが、宇宙実験ではモデルと非常に良く一致している。全体として宇宙実験データはモデルに表されている微分特性と非常に良く一致している。

位相については、3 rad/s以下の周波数では、モデルと実験データは地上においても余り良く一致しない。10 rad/s前後の高周波数では無駄時間の曲線の形状と似た遅れの増大が見られるようになる。13.5 rad/sの高周波数成分では、宇宙実験の方が地上実験よりも遅れが大きくなっている。

特性の変動

0 g環境への順応過程および1 g環境への再順応過程を調べるため、リグレーションの発生する13.5 rad/sの高周波数成分の利得と位相遅れが、打ち上げ直前、飛行中、帰還後の合計9回のセッションごとにどう変動したかを第8図および第9図に示す。利得と位相遅れは各試行ごとに計算したものを各セッションの8回の試行について算術平均を求めたものである。第8図から、宇宙での利得増大(リグレーションの消滅)は最初(L+1日)のセッションから起こったのではなく、2回目(L+3日)に起こり、L+6日のセッションでは利得増大がやや少なくなっていることが判る。帰還後の利得は飛行前の水準に戻っているが、最初(R+1日)のセッションではやや利得が大きい。これに対して位相遅れの増大は、宇宙での最初のセッションが

著しく、L + 3、L + 6日には増大がやや減少している。また帰還後も最初のセッションから飛行前の水準に戻っている。

5. 検討

宇宙環境と地上環境による差異

手動制御特性は宇宙環境と地上環境により明らかな差異を示した。宇宙での記述関数では、1 rad/s以下の低周波数領域における利得が地上より減少し、リグレーションが消滅し、無駄時間が増加した。その結果、利得データは微分特性の曲線に非常に良く一致した。眼球運動については、宇宙実験では視線を表示装置中央に固定し、焦点も合わせなかった旨、被験者のコメントがあり、EOGデータ、ビデオ画像の観察によっても確認された。

地上で別の被験者により実験した結果、このようにしても、輝点の動きは周辺視によりおおよそ知覚できることが判った。周辺視では運動している物体の速度を把握できることが知られているが、このことは宇宙実験データが微分特性の曲線に非常に良く一致したことと合致している。またEOGデータおよびビデオ画像から、手動制御操作以外には時折大きく速い眼球運動が観察されることから、眼球の動きの困難の原因は、瞬間的な速度や角度の大きさに制限があるのではなく、連続的な動きあるいは目標追従に支障があると考えられる。

無駄時間は地上環境で0.35秒前後のところ、宇宙では0.6秒程度となった。純粹な神経信号の伝達遅れはこのうち0.1秒前後とされており、ほかに筋骨格系の動特性の位相遅れ、判断時間、さらに間欠的な動作をする場合の間隔など遅れ成分を合わせた実行的(effective)無駄時間と考えられている。宇宙飛行士に一貫して見られる緩慢な動作が、手動制御特性の無駄時間に反映したものとすれば、本研究によって緩慢性の定量的な評価がなされたこととなる。

手動制御動作の反動については、地上では問題にならない程度の反作用が宇宙環境では問題となった。利き手を動かすときの時計の反力、手の動きの反作用としての体の運動ないし振動が手動制御の妨げとなった。宇宙での操作機器を設計開発するうえで今後考慮を要する問題であろう。しかしながら、24回の宇宙での試行のうちで1回、ネジのゆるみを直しながら操作したので、操作方向を間違えたとのコメントがあるのみで、反力処理の問題が手動制御特性に定常的な影響を与えたとは考えにくい。

順応および再順応

順応および再順応に関する結果として、手動制御特性のパラメタではリグレーションおよび無駄時間の変化が得られた。これらの時間的経過を生理サブシステムの順応減少の時間的経過と比較してみると、無駄時間の増大は宇宙での最初のセッションから著しく、また帰還後も最初のセッションから飛行前の水準に戻っていることから、重力の影響を比較的直接的に受けていると考えられる。これに対して、リグレーションの順応および再順応は無駄時間のそれよりも緩やかであり、無重力が直接及ぼした影響ではなく、前庭系や体液シフトの生理機構が重力環境の変化の影響を受けている状況で適切な手動制御方式を採用しているなど、2次的な影響である可能性が高い。

6. 結論

無重力の影響として、宇宙酔いにより手動制御特性が劣化すること、視線移動および焦点変更が負担となり表示される輝点の動きは周辺視により見られたこと、および手首の動きの反作用としての体の動きを押さえる作業負担が大きいことが明らかになった。また、帰還後1日の地上実験では視線が表示装置に垂直にならず、姿勢調節機能の再順応過程の現象と考えられた。

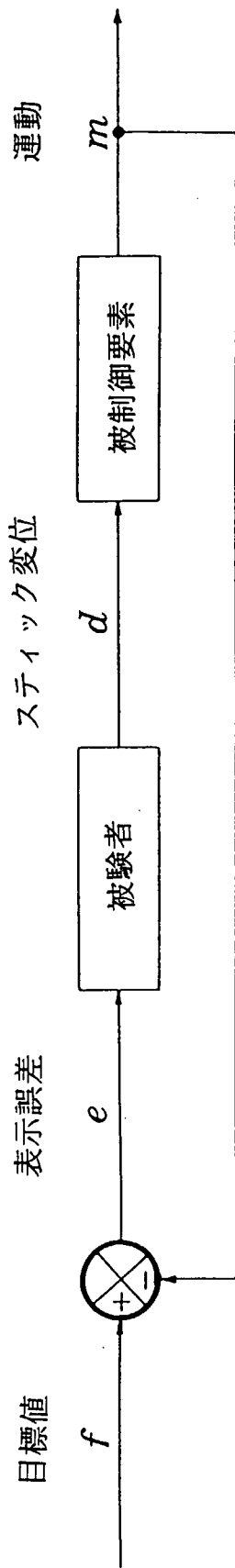
手動制御特性は、地上データに見られるリグレーションが宇宙実験では消滅し、1 rad/s以下の低周波数領域では地上実験の利得より宇宙実験の利得が減少し、全体として宇宙実験の利得データは微分特性と非常に良く一致した。位相については、とくに高周波数領域において、宇宙実験の方が地上実験よりも遅れが大きくなった。

7. 謝辞

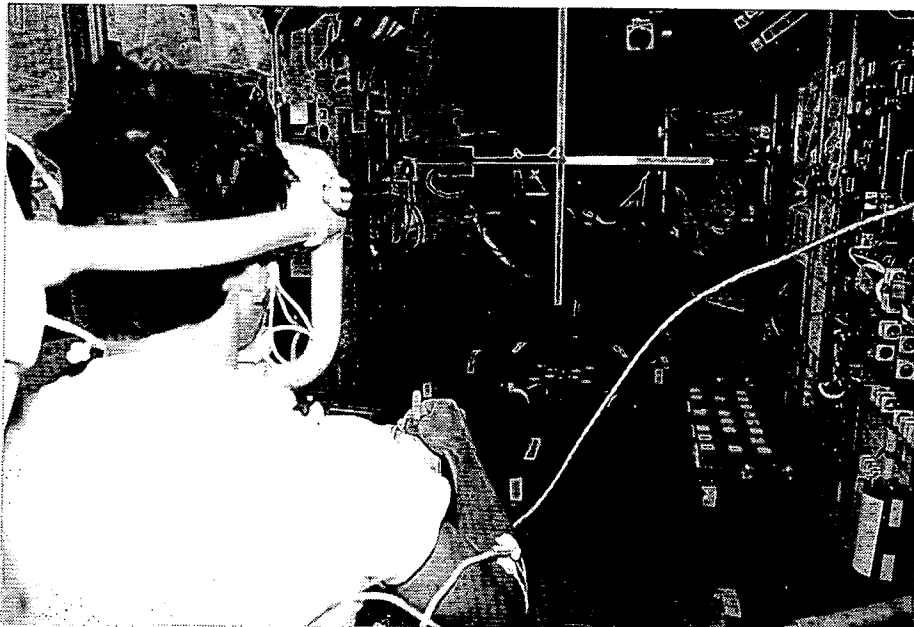
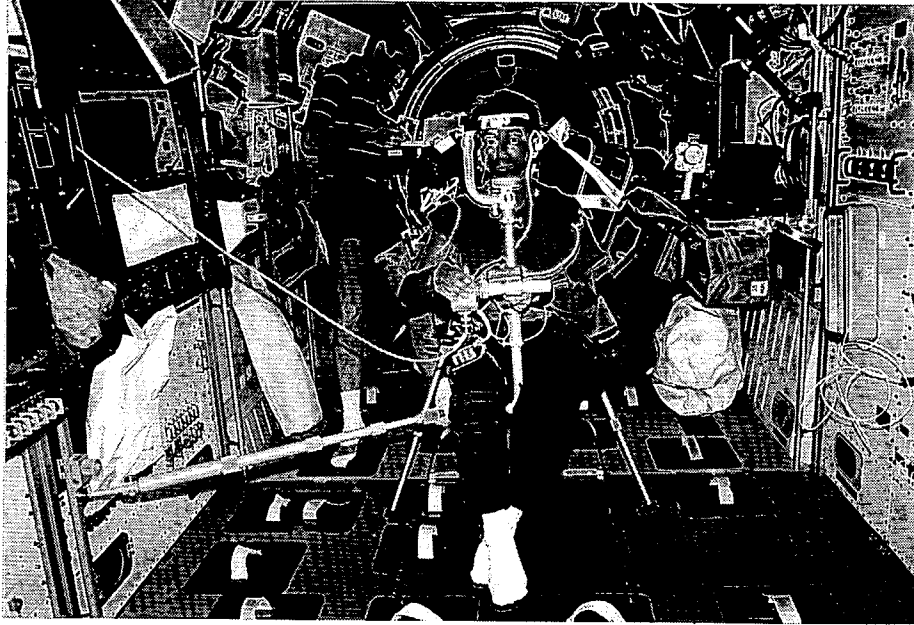
本研究を遂行するにあたり、宇宙開発事業団をはじめ、科学技術庁、航空宇宙技術研究所、実験装置製作各メーカーならびに名古屋大学環境医学研究所の関係各位に多大のご支援を頂いた。深甚の感謝を表したい。

8. 参考文献

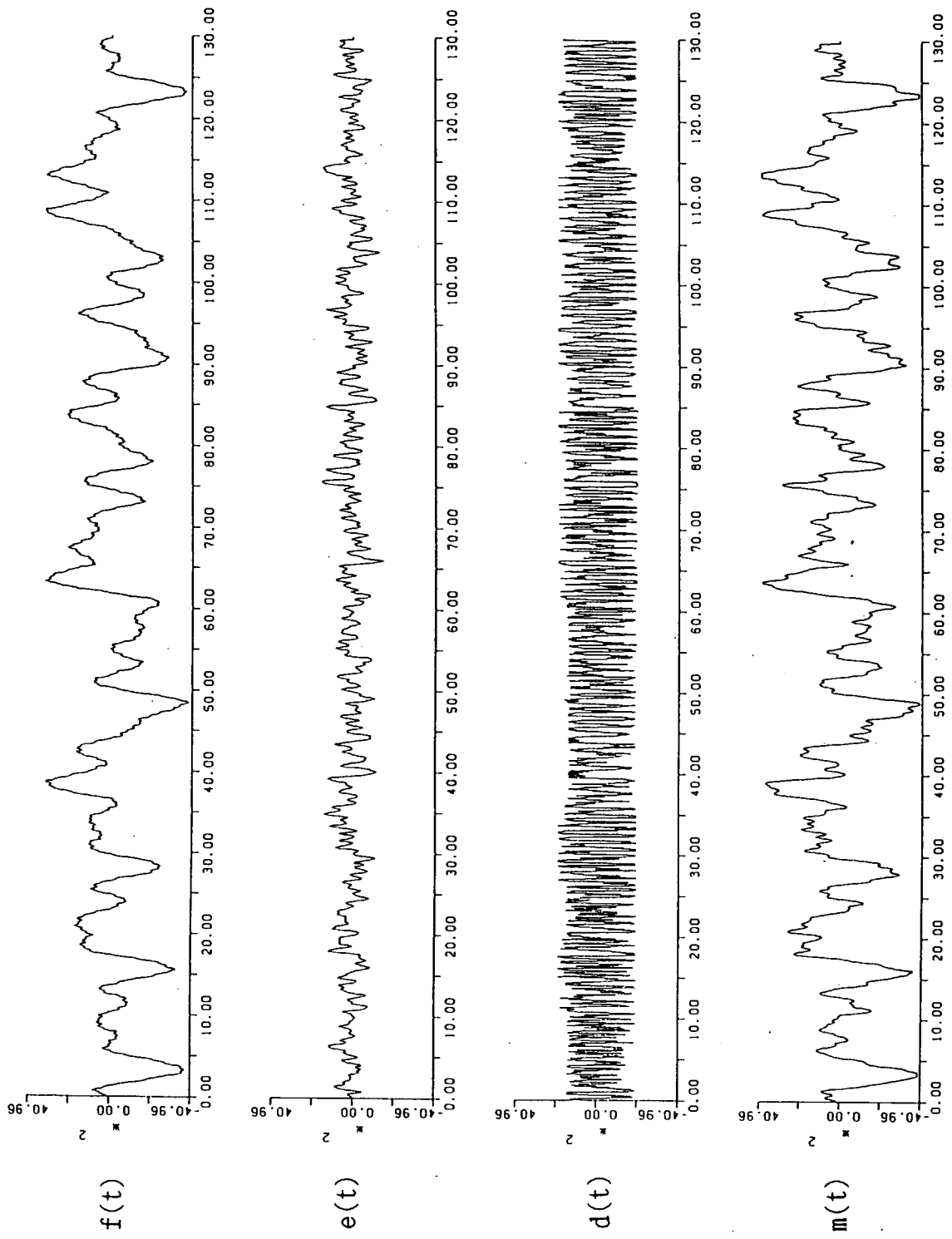
- 1) 多田、岡部ほか；無重力環境での知覚-動作機能の研究「手動制御の研究」, F M P T実験研究者連絡調整会議予稿集, 第1~4巻, 1979~1985.
- 2) Young, L.R. and Stark, L.; Biological Control System-A Critical Review and Evaluation Developments in Manual Control, NASA CR-190, 1965.
- 3) MacRuer, D.T. et al; Human Pilot Dynamics In Compensatory Control Systems - Theory, Models, and Experiments with Controlled Element and Forcing Function Variations, AFFDL-TR-65-15, 1965.
- 4) Washizu, K. and Miyajima, K.; Some Consideration on the Controllability Limit of a Human Pilot, AIAA J., Vol.5, No.1, 1967.
- 5) Nicogossian, A. and Pool, S.; The Shuttle and Its Importance to Space Medicine, Applications of Space Development, XXXI International Astronautical Congress, Tokyo, 1980, Pergamon Press Limited, pp 61-68.
- 6) Parker, D.E. et al; Otolith Tilt-Translation Reinterpretation Following Prolonged Weightlessness: Implications for Pre-flight Training, Aviation, Space, and Environmental Medicine, June, 1985, pp 601-606.
- 7) Tada, A.; Skill Improvement in Manual Control of a Double Integral Controlled Element, The 8th Congress of the International Ergonomics Association, 1982, Tokyo, Japan.



第1図 実験システムのブロック図

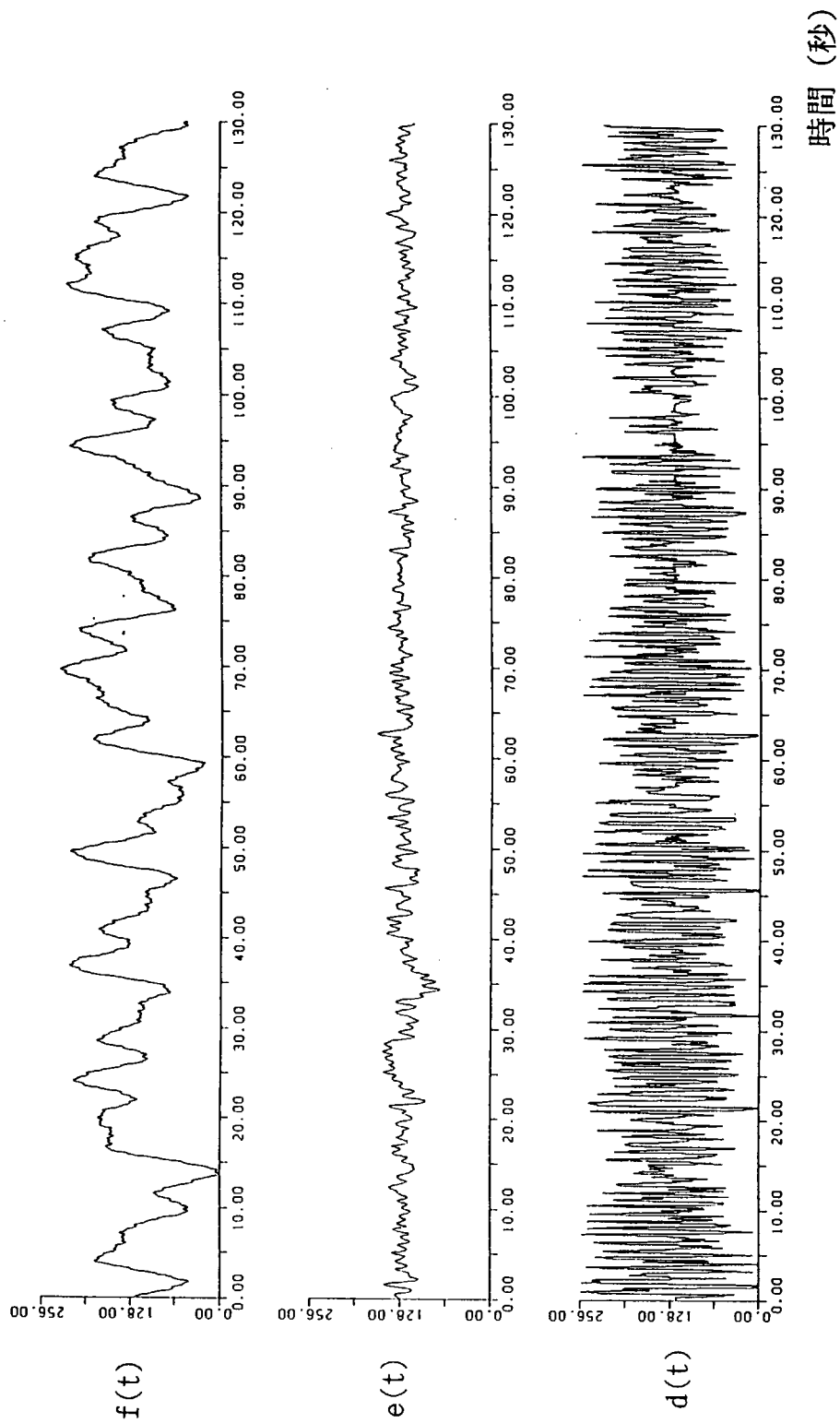


第2図 宇宙実験状況

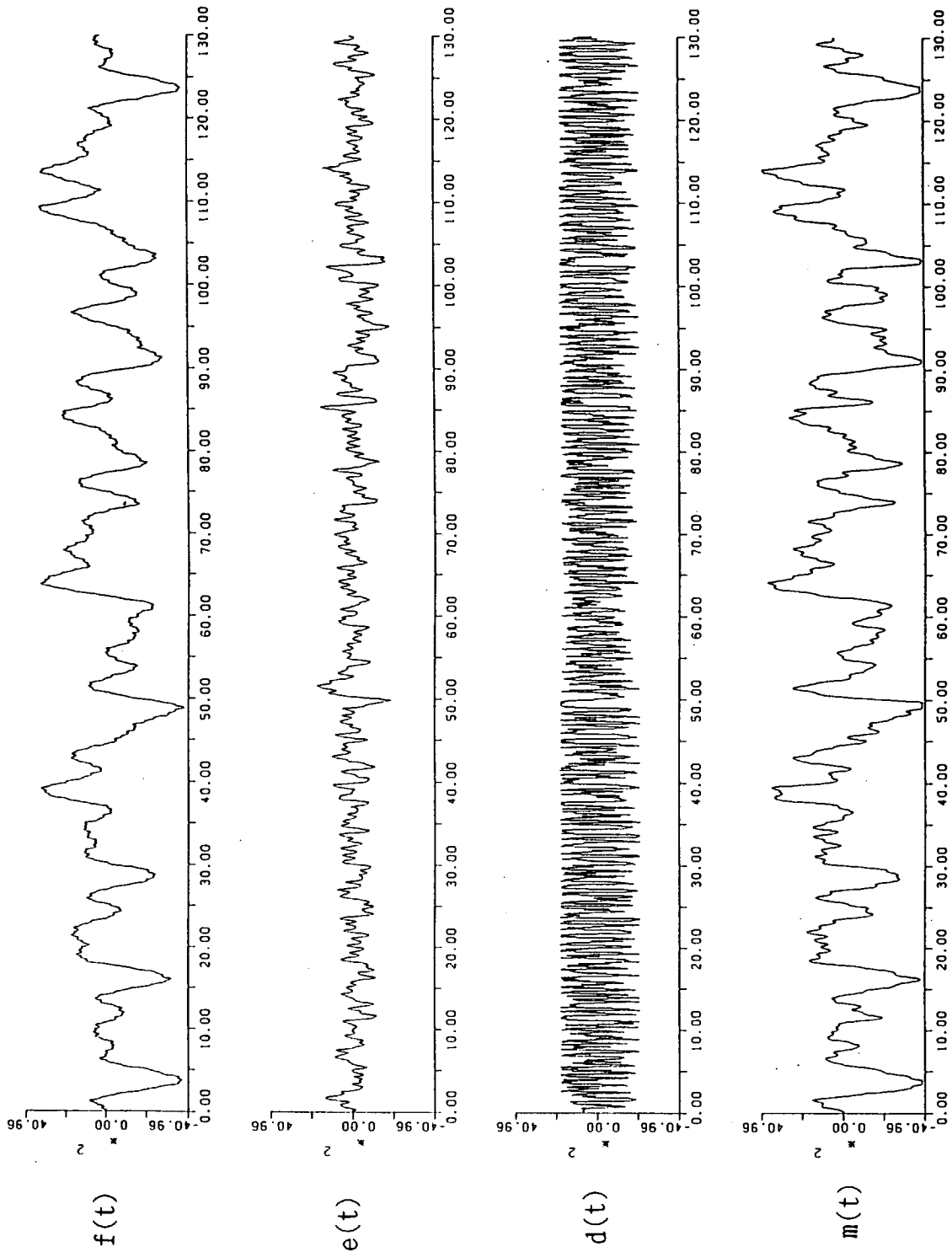


時間 (秒)

第3図 飛行直前実験のタイムヒストリー

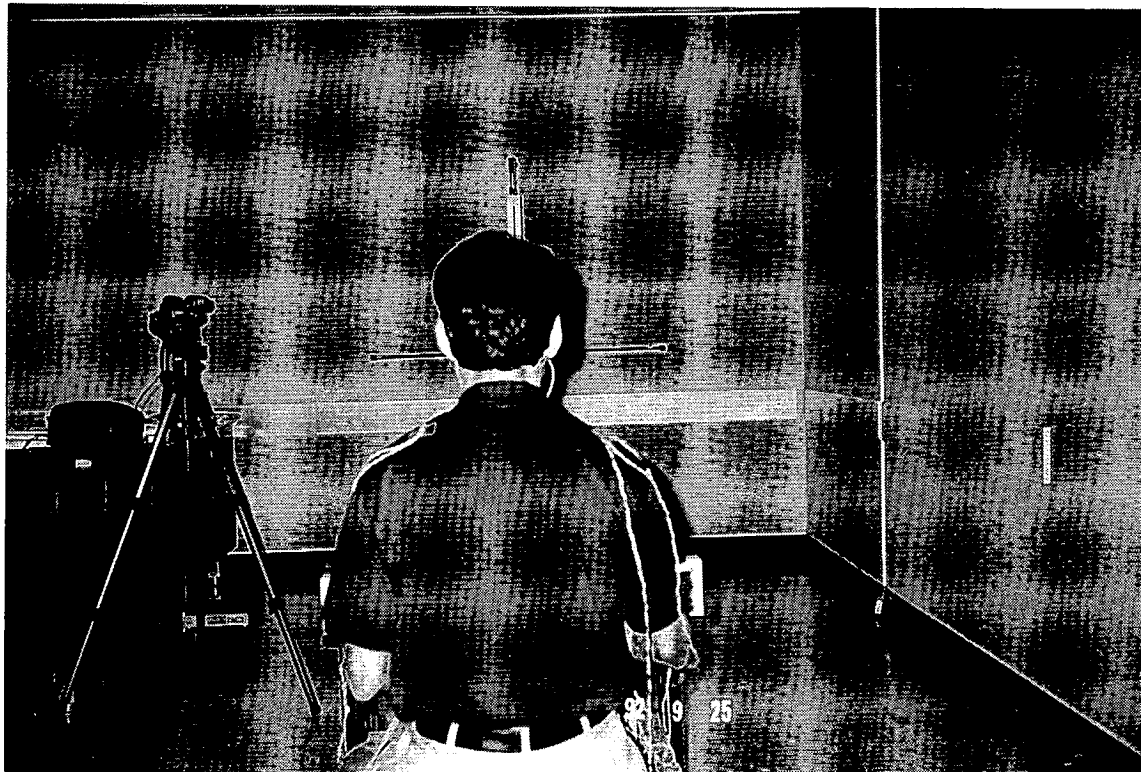


第4図 宇宙実験のタイムヒストリー

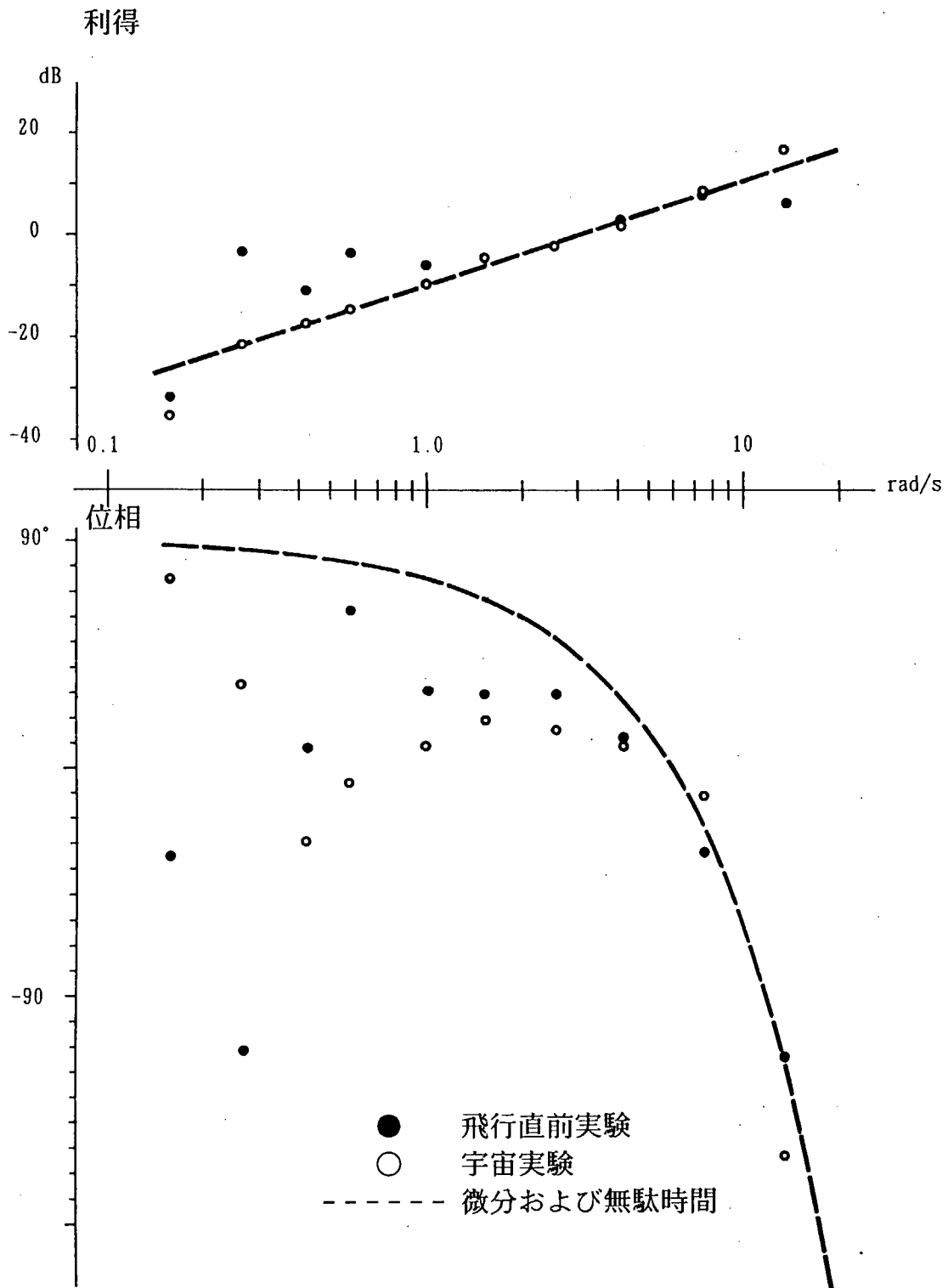


時間 (秒)

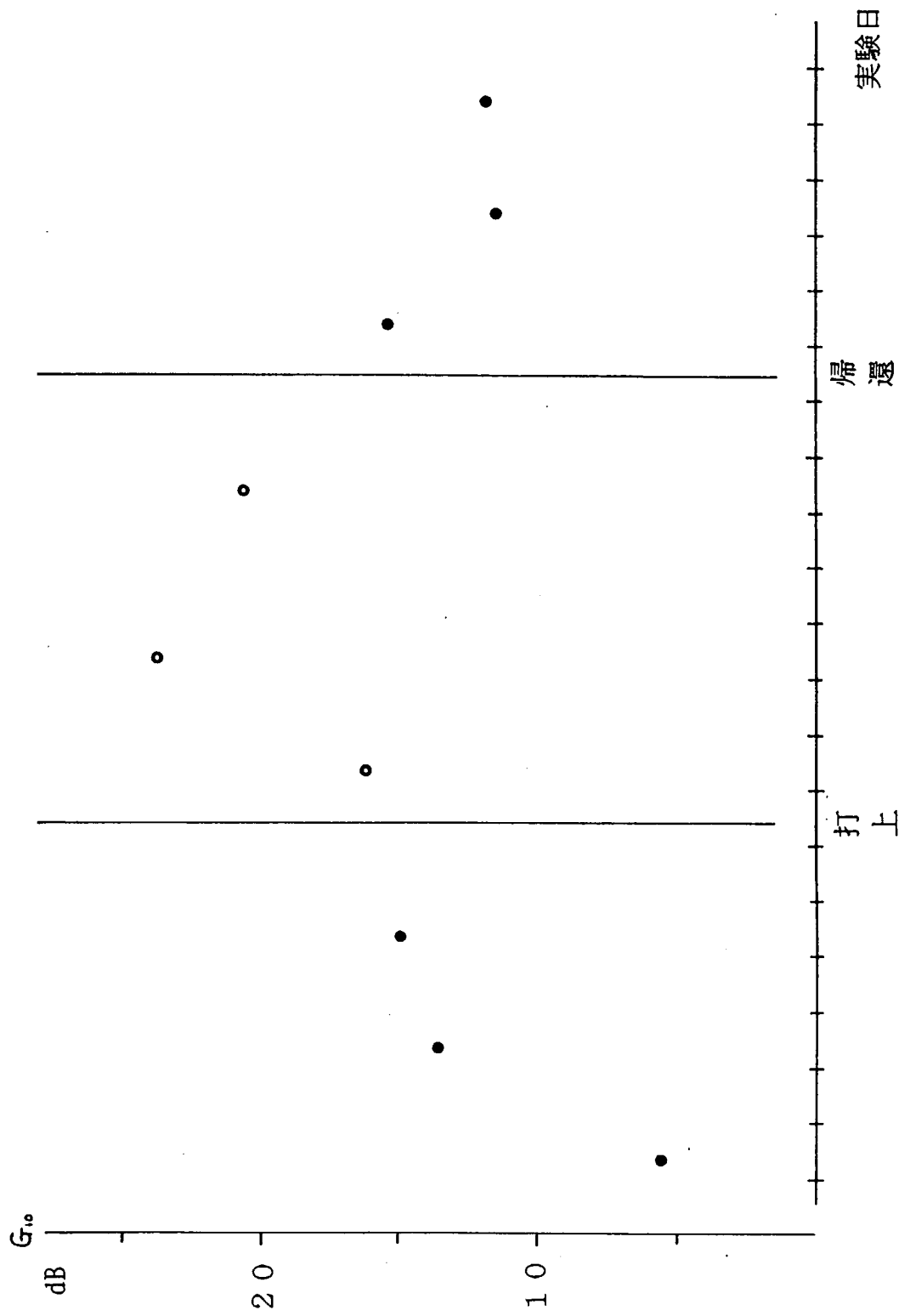
第5図 飛行直後実験のタイムヒストリー



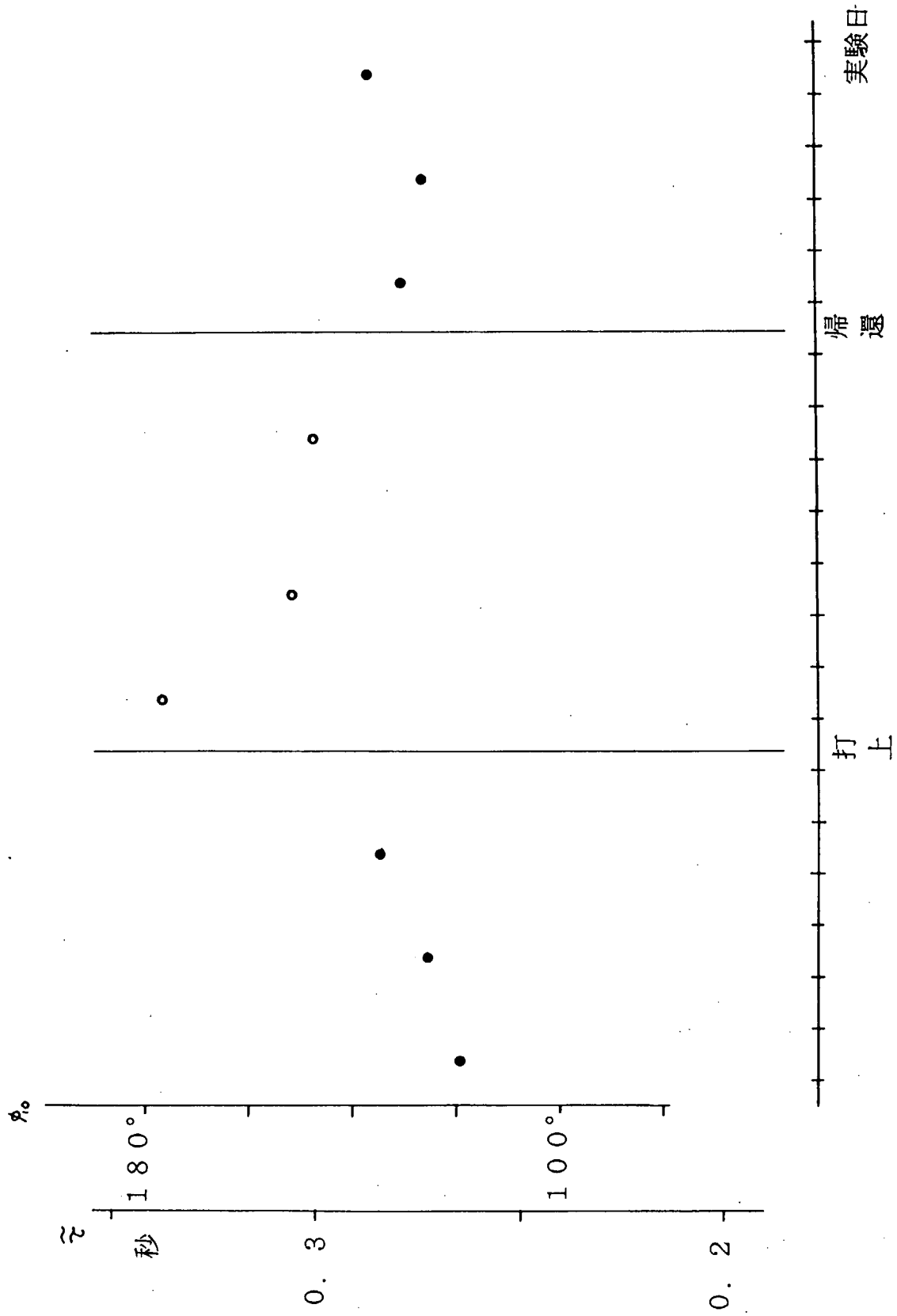
第6図 帰還直後実験姿勢
写真上 1日後 写真下 5日後



第7図 オペレータ記述関数



第8図 高周波利得の時間変化



第9図 高周波位相の時間変化

ITEM: Fatigue

	L - 2 month				Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal											*	
Slight			*		*		*		*	*		*	*
Moderate	*	*				*		*					
Moderate													
Extreme													
Extreme													

ITEM: Sleepiness

	L - 2 month				Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Slight													
Moderate													
Moderate								*					
Extreme													
Extreme													

ITEM: Lack of Willingness

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
Normal	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
Slight							*					
Moderate								*				
Moderate									*			
Extreme												
Extreme												

ITEM: Loss of Concentration

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
Normal	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*
Slight							*					
Moderate								*				
Moderate									*			
Extreme			*									
Extreme												

ITEM: Eye Fixation Difficulty

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Slight									*			
Moderate												
Moderate							*					
Extreme												
Extreme												

ITEM: Erratic Eye Movement

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Slight									*			
Moderate												
Moderate							*					
Extreme												
Extreme												

ITEM: Heavy Spring Feel

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal Slight Moderate Moderate Extreme Extreme		*	*	*	*	*		*	*	*	*

ITEM: Direction Errors

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal Slight Moderate Moderate Extreme Extreme	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ITEM: Agressiveness

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal 0	*			*				*	*	*	
Slight 1		*			*		*				*	
Moderate 2			*									*
Moderate 3												
Extreme 4												
Extreme 5												

ITEM: Performance Deficiency

	L - 2 month			Pre-flight			Flight			Post-flight		
	DAY 1	DAY 2	DAY 3	L-6d	L-4d	L-2d	MET D1	MET D3	MET D6	R+1d	R+3d	R+5d
	Normal 0	*			*				*	*	*	
Slight 1		*			*						*	
Moderate 2			*									*
Moderate 3												
Extreme 4												
Extreme 5												