九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

ノンバーバルインタフェースのための頭部と視線の動きの推定

竹田，仰
長崎総合科学大学機械工学科

高木，英行
九州芸術工科大学音響設計学科

https://hdl.handle.net/2324/4481584

出版情報：Human interface news and report. 11, pp.143-148, 1996. 計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

Human Interface

News and Report　　別　刷

計測自動制御学会：ヒューマン・インタフェース部会

【第38回研究会】

Human Interface 1996 Vol. 11 N&R

ノンバーバルインタフェースのための頭部と視線の動きの推定

Estimation of the Movement of Head and Eyes for Nonverbal Interface

竹田 仰
長崎総合科学大学
機械工学科

TAKEDA Takashi
Dept. of Mechanical Engineering,
Nagasaki Institute of Applied Science
e-mail : *takeda@csce.nias.ac.jp*

高木 英行
九州芸術工科大学
音響設計学科

TAKAGI Hideyuki
Dept. of Acoustic Design,
Kyushu Institute of Design
e-mail : *takagi@kyushu-id.ac.jp*

Abstract : This paper proposes the model of head and eye movement for nonverbal interface. First, we measure the actual head movement in 3-D space with gyro-sensors. By analyzing these data, we have made a model to control a pseudo-human agent in CG naturally to any indicated points in space. Through subjective tests, our proposed model has shown significantly superior naturality than a conventional model from the statistical test point of view.

Keywords : nonverbal interface, head movement, eye movement, pseudo-human agent, subjective test

1. はじめに

我々はノンバーバルコミュニケーションの観点から，頭の振り動作とその意味について検討している。従来，顔の表情については詳細な研究が進められているが，ヒトの頭の振りについてはあまり検討がなされていないように思える。そこで，先にその手始めとしてヒトの頭頂部に３次元方位角センサを取り付け，ある方向を見るときの頭部の振れ角やその角速度を計測した。また，国語辞典から頭の動きに関する語彙を抜き出し，それがどの方向のどれぐらいの振れなのかを計測した [1]。

本稿では，擬人化エージェントに対して，人間らしい頭の振り動作をさせ，コミュニケーションに役立てるために，これらの計測から得られたデータを基に，任意の指示空間に対して自然な動きで頭を向けるためのモデルを提案している。

筆者らは、どちらがどの程度自然に聞こえるか [2]，どちらがどの程度使いやすいか [3] [4]，という主観評価しかできないタスクを定量的に評価するため主観評価実験を行い，統計的な有意差検定を行ってきた。今回も提案モデルと容易に考えつく別モデルとが，どちらがどの程度人間らしい動きかを定量的に評価するために同様のアプローチを行い，提案のモデルの方が有意に人間に近いモデルであるとの結果を得た。

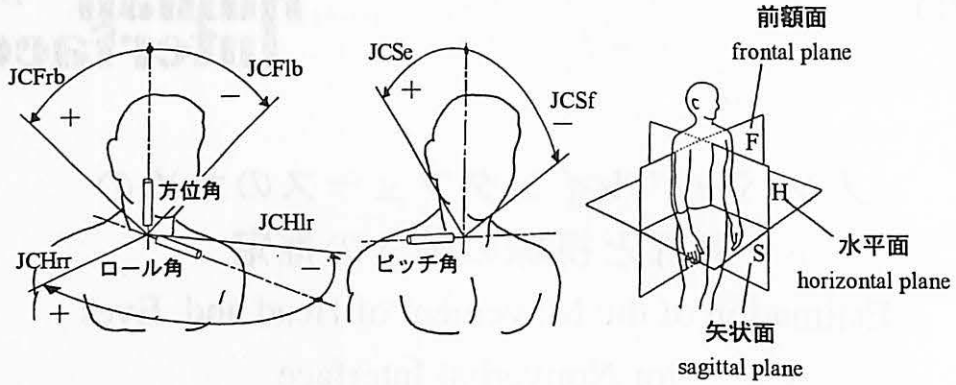

図1 関節と運動方向のモデル

2. 頭部の運動方向モデル

頭部の運動方向を規制するのは頚部の関節群であるが，ここでは，図1に示すように，頭部の動きに3軸の自由度があるとし，頚部の関節を表すJC (Junction Cervical) と，身体の基本3面のどの面に投影されるかという英記号（前額面 Frontal plane，水平面 Horizontal plane，矢状面 Sagittal plane）を添えて3軸の関節名とする [5]。JCS軸は頚椎の屈曲・伸展運動と関係し，可動域は屈曲約60°，伸展約50°である。JCF軸は頚椎の側屈運動と関係し，左右対称な可動域を有する。可動域は左右各々50°程度である。JCH軸は頚椎の回旋運動と関係し，左旋・右旋それぞれ70°程度である [6]。

3. 頭部の動きの計測と解析

3.1 計測センサ

頭部の振りの計測には（株）データ・テック製の"ジャイロミニ"と呼ばれる3軸振動ジャイロを用いた姿勢方位角検出器を使用した。検出角は3軸同時計測では，ロール角（JCF）が±60°，ピッチ角（JCS）が±60°，方位角（JCH）が±180°の範囲で測定でき，精度はロール，ピッチ角が0.5°，方位角，が3.6°である。また，最大角速度は300°/秒で，データ転送方式はRS-232Cでボーレートは9600bps，データは約16.7msごとである。

3.2 指定空間座標と推移グラフ

まず被験者には座位の状態で，まっすぐ正面を見させておく。次に顔の正面軸上を基準位置として，水平角±60°，仰角±60°の空間内の任意の20点を指示して，その点を注視するために，正面基準位置から自然に頭を動かした場合の3軸の振れ角（JCF，JCS，JCH）を計測する。図2に注視点20点（①～⑳）の水平角ϕ，仰角θの位置関係を示す。一例として，図3に水平角$\phi=-30°$と一定にした場合の仰角$\theta=-60°$，$-30°$，30°，60°と変えたときの3軸の振れ角の推移グラフを示す。この図を比べて見ると3軸の振れ角とも仰角の変化に対して，割合に滑らかに変わっているようにみえる。

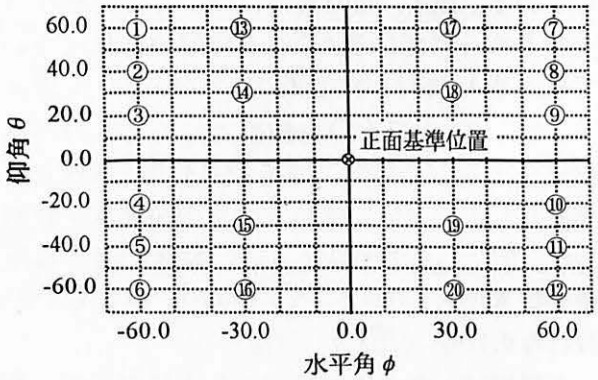

図2 水平角ϕ，仰角θの指示点一覧

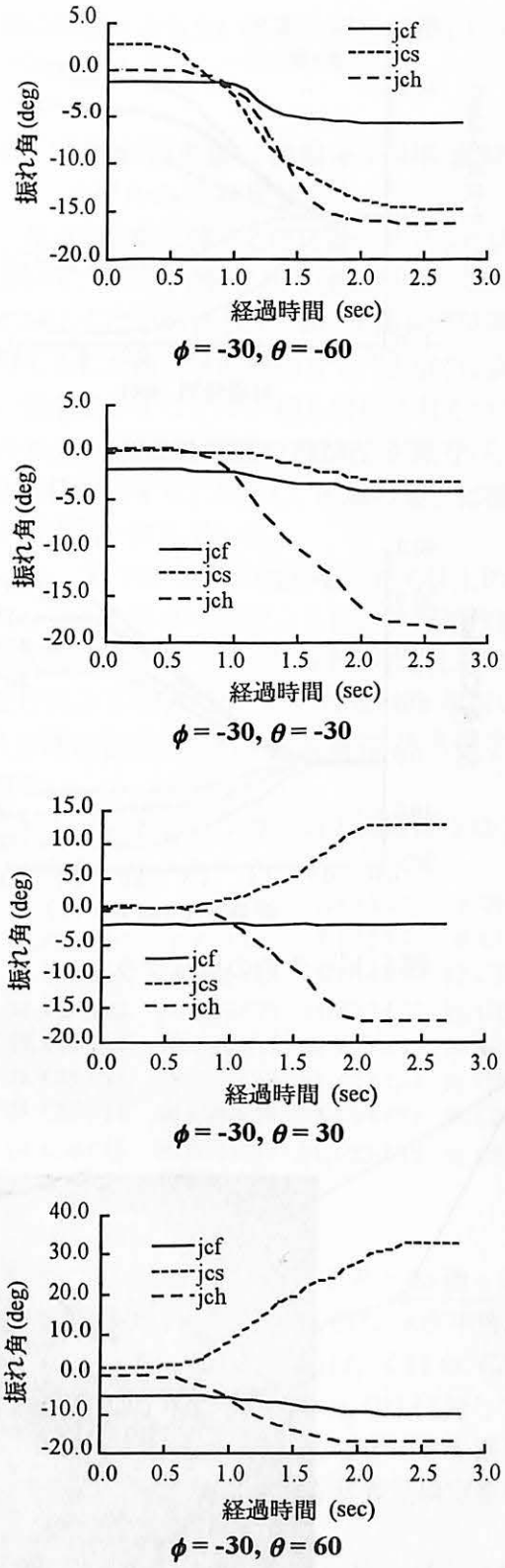

図3 注視点までの頭部振れの推移グラフ

3.3 指示角と頭部3軸角との相互相関

与えた指示角（水平角ϕ，仰角θ）と計測された頭部3軸角（JCF，JCS，JCH）の間の相互相関について調べるために，次のような処理をした。

(1) 推移グラフから，頭部の動き始め（t_0）から指定空間座標に至るまで（t_1）を目視で切り出し，経過時間を正規化したものを基礎データとする。

(2) そのデータから，頭部の動きの変化をt_0からt_1まで積分する。

(3) 以上のデータを8名分，指定空間座標9カ所の計72データについて求める。

(4) 上記(3)の72データと各水平角，仰角の相関係数を求める。

結果を表1に示す。これより，「頭部の方位角（JCH）の動きは，与えられた水平角ϕによってのみ決まり，ピッチ角（JCS）の動きは与えられた仰角θによってのみ決まる」という簡単なモデルでよいことが分かる。もう少し詳細なモデルにするならば，与えられた水平角ϕと頭部のロール角（JCF）の動きには弱い逆相関が見られることをモデルに組み込むことが考えられる。

表1 水平角ϕ，仰角θと3軸角の相関係数

	方位角	ピッチ角	ロール角
水平角ϕ	0.94	-0.07	-0.23
仰角θ	-0.16	0.89	0.16

4. 擬人化エージェントの動きと評価

4.1 任意の指定空間座標のための補間

擬人化エージェントが指示された任意の位置（指定空間座標水平角ϕ，仰角θ）を向くためには，前節のモデルから頭部の方位角とピッチ角が独立に求まればよい。このために，指示された任意の位置を囲む実測点から線形補間して，方位角とピッチ角を求めることにする。図4に指定空間座標4点の方位角の推移グラフのみ重ねて示す。この4点の仰角はすべてθ=60°一定で，水平角ϕの方は60°，30°，－30°，－60°と異なっている。図中太線のϕ＝50°は測定点ϕ＝60°とϕ＝30°から線形補間して求めたもので，視覚的には妥当なグラフと思われる。また，図5に指定空間座標6点のピッチ角の推移グラフのみ重ねて示す。この6点の水平角はすべてϕ＝60°一定で，仰角は異なっている。図中の太線はθ＝60°とθ＝40°から同じく線形補間して求めたものである。このようにして，任意の指定空間座標に対する頭部の方位角とピッチ角の推移データを算出し，エージェントを動かす。

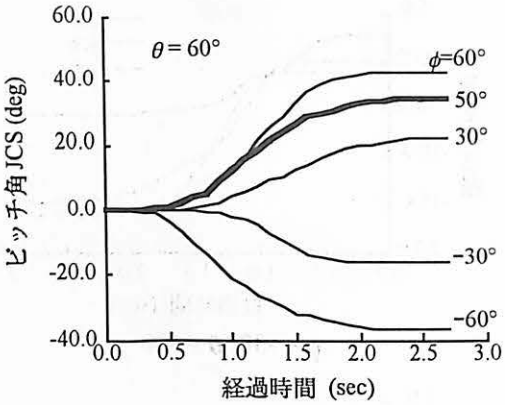

図4 方位角の推移グラフ

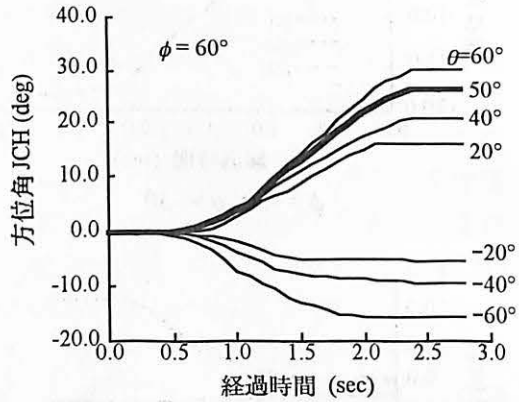

図5 ピッチ角の推移グラフ

4.2 視線の動きと提案モデル

実際には，指定空間座標通りに顔がその位置に来るとは限らない。特に，水平角，仰角が大きくなれば頭部の移動は途中までで，視線が指示位置まで動き，残りを補う（図6）。そこで，視線の動きについては実測していないが，次のような視線のモデル化をする。例えば指定空間座標として，図中点Pの水平角ϕ＝60°，仰角θ＝60°を与えたとする。頭部の最終的に動きの止まる位置は，図中A点の方位角37°，ピッチ角31°であったとする。図7に示すように視線として，$\Delta\phi$=23°，$\Delta\theta$＝29°の瞳の移動を目の中心位置から直線的に行う（ただし，指定空間座標と目の距離は無限遠とする）。先の頭部のモデルとこの視線のモデルを合わせて「提案モデル」と呼ぶことにする。今後，視

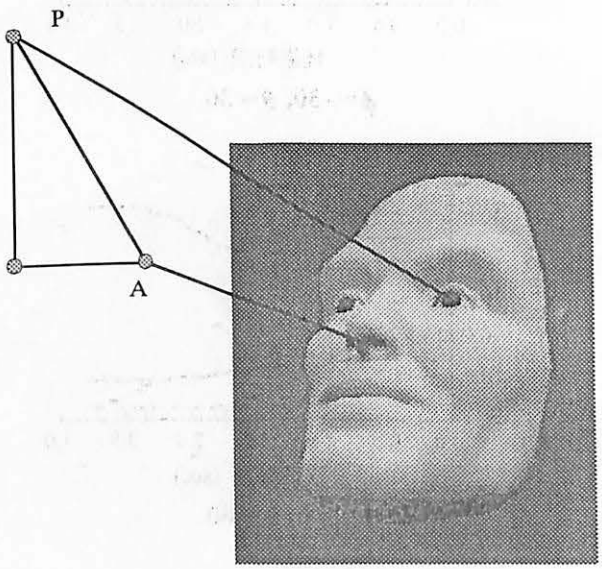

図6 頭部の動きと視線の動き

線の実測にともない提案モデルを修正していくことになろう。

4.3 主観評価実験（提案モデルと直線移動モデルの一対比較）

視点の移動に伴う頭部移動のモデル化研究において，これまで特に広く使われている手法はないように思われるが，顔の正面基準位置から与えられた指定空間座標まで，時間的に直線的に頭を動かすモデルが最も容易に考えつく。このモデルを頭直線移動モデルと仮に呼び，従来法の代表にする。ただし，視線の動きは提案モデルと同一にしている。

今，２つのモデルに基づいたCG上のエージェントを表２に示すように，８種類作成し，順次提示による一対比較を行った。比較は浦の変形によるSheff'の一対比較法 [7] を用いて，５段階評価で行った。被験者は26名の学生である。

これらの移動モデルの一対の比較組みは32通りとなる。

1. C11-C21	2. C12-C22	3. C13-C24	4. C14-C24
5. C11-C22	6. C12-C23	7. C13-C24	8. C11-C23
9. C12-C24	10. C11-C24	11. C14-C21	12. C13-C21
13. C14-C22	14. C12-C21	15. C13-C22	16. C14-C23
17. C21-C11	18. C22-C12	19. C23-C13	20. C24-C14
21. C21-C12	22. C22-C13	23. C23-C14	24. C21-C13
25. C22-C14	26. C21-C14	27. C24-C11	28. C23-C11
29. C24-C12	30. C22-C11	31. C23-C12	32. C24-C13

4.4 検定結果

４つの視点移動点に対して各々26個＋26個の評価結果が得られる（例えば，（水平角，仰角）＝ (40, 50) の一対比較は，C11 vs. C21に対して26人の評価点，C21 vs. C11に対して26人の評価点が得られる）。このデータを基に分散分析をし，主効果に対する有意差検定を行った結果を表３に示す。

表３の結果をみると解析には，データが26個では少ないからと思われる。そこで，これら

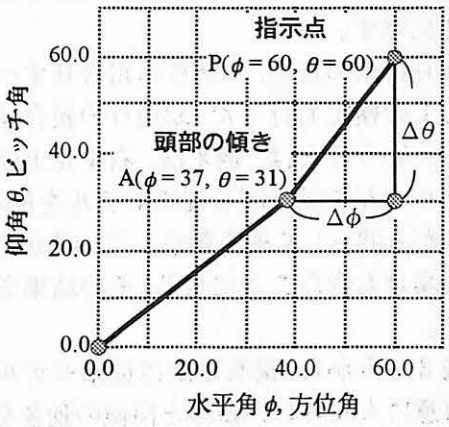

図７ 視線の補間図

表２ CG状のエージェントが視線を移動させる動きに付けた記号

視点移動先座標（水平角，仰角）	(40, 50)	(55, -25)	(-40, 30)	(-40, 30)
提案モデル	C11	C12	C13	C14
頭直線移動モデル	C21	C22	C23	C24

表３ 提案モデルと従来モデルとの有意差検定

○：危険率5%で提案モデルの動きが人間に近い

×：危険率5%でもどちらが有意に良いかは分からない

視点移動先座標	検定結果
(40, 50)	○
(55, -25)	×
(-40, 30)	○
(-40, 30)	×

表４ ４点への視線移動を総合した場合の提案モデルと従来モデルとの有意差検定

◎：危険率1%で提案モデルの動きが人間に近い

視点移動先座標	検定結果
(40, 50), (55, -25), (-40, 30), (-35, -35) の4点	◎

4点を合計した総合判定を行った。その結果を表4に示す。

さらに念のため，32通りの組合せすべてを合計しての検定も行った。32通りの組合せを評価するということは，例えば，右を見上げる提案モデルと左を見下げる従来モデルを提示し，どちらが人間らしく頭を動かしているかを評価させる場合も含むことになる。その結果を表5に示す。

表3～5から，提案手法は従来モデルに比べて有意に人間らしい頭部と視線の動きをすると結論づけられる。

表5 4点への視線移動のすべての組み合わせを比較した場合の提案モデルと従来モデルとの有意差検定

◎：危険率1%で提案モデルの動きが人間に近い

視点移動先座標	検定結果
(40, 50), (55, -25),(-40,30), (-35, -35)の4点のすべての組み合わせ32通りの一対比較の総合結果	◎

5. まとめ

頭部の動きの実測から，擬人化エージェントの頭の動きを，より人間らしいものにするために，視線の動きをも組み込んだモデルを提案し，従来用いられてきたと思われる直線的に頭が動くモデルとの一対比較を行った。この結果，本提案モデルの方がより人間らしい動きであるとの結論を得た。被験者の内観報告より，方位角やピッチ角の非線形な立ち上がりが人間らしい判定に影響を与えているようである。今後，頭と目の動きの相互関係について，実測も交えてさらに詳細な検討を行う予定である。

参考文献

[1] 竹田，泉，荒木，東根："表現としての頭の振りと計測について,"計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会,N&R,Vol.10,no.1, pp.25-30,1995.

[2] T. Watanabe and Hi. Takagi, "Recovering System of the Distorted Speech using Interactive genetic Algorithms," IEEE Int'l Conf. on Systems, Man and Cybernet (SMC'95), Vol.1, pp.684-689, Vancouver, Canda (Oct., 1995)

[3] H. Takagi and K. Ohya, "Discrete Fitness Values to Improve Human Interface of Interactive GA," IEEE 3rd Int'l Conf. on Evolutionary Computation (ICEC'96), Nagoya, Aichi, Japan (May, 1996) (will appear).

[4] H. TAKAGI, "System Optimization Without Numerical Target," North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS'96) Berkeley, CA, USA (June, 1996) (will appear).

[5] 竹田："人工現実感による上肢訓練および筋力計測システムの開発,"バイオメカニズム12, pp.265-279, 東大出版 (1994).

[6] 日本リハビリテーション医学会評価基準委員会："関節可動域表示ならびに測定法,"リハビリテーション医学, Vol.11,no.2,pp.127-132,1974.

[7] 日科技連官能検査委員会編："官能検査ハンドブック,"日科技連出版 (1990).