

五感情報伝達がネットワークアプリケーションに 及ぼす影響

宗森 純

吉野 孝

グループウェアの新しい通信方法に関して脳を参考にした脳モデル超伝達機構に基づいたプロトタイプを開発し、カードゲームの「ダウト」に適用した。プロトタイプは、動画像と音声に加え、さらに触覚情報をも送付する。実験の結果、触覚情報を加えたコミュニケーションは比較的高い評価を得た。参加者はお互いになんらかの相手の雰囲気伝わっていることを感じていることがわかった。

Effects of Five Senses Communication to a Network Application

Jun Munemori

Takashi Yoshino

We developed the prototype system based on a new communication technique, which is called the brain model hyper communication mechanism for cooperative work and applied it to a card game called doubt. The prototype has video, voice, and the sense of touch communication channels. The results of the experiment show that the effects of sense of touch are comparatively high. Participants understand situation of each other in some way.

1. はじめに

多数のリアルタイムグループウェアがこれまで、研究・開発されてきた [1,2]。グループウェアではお互いのコミュニケーションをとる通信が重要であることはいうまでもない。従来、グループウェアの通信では動画像と音声の情報を中心に扱ってきたが [3,4]、これだけでは現実感や緊張感が薄く、通信に現実感や緊張感を付加するために新たな情報を送る研究が進んでいる。MIT では Tangible Bits のような触覚を使うおもちゃも開発されている [5]。また、慶大ではインターネットを介して匂いを共有するシステムが開発されている [6]。このように五感情報が多く扱われてくると、新たな通信のモデルを検討する必要がある。五感を使う新しい通信モデルの研究は既に始まっている [7]。

本報告では、五感情報伝達がネットワークアプリケーションに及ぼす影響を、脳を通信のモデルとした通信機構のプロトタイプをもとに検討する。

2. 超伝達と脳モデル超伝達機構

超伝達 (Hyper communication) とは単なる臨場感通信ではなく、遠く離れたところに、より強調

した五感情報を送るものと定義する [8]。超伝達を使えば、人々が離れているところで通信するとき、あたかも同じ場所にいる以上に感じさせることができることを目標としている。

超伝達を実現するためには下記の機構が要求される。

(1) 送信側では多くのパラメータに分割された五感情報などを送る準備がある。しかし、いくつかのデータは受信側には送られないことがある。

(2) 受信側では適切なデータを選択し階層的に処理する。送信側へのフィードバック制御もある。

(3) 受信側では階層的なデータ処理が基本であるが、直接処理されるものもある。

本研究では、脊椎動物の脳の処理、特に視覚の情報処理に着目し、これに基づく五感情報通信のモデルを提案する。これを脳モデル超伝達機構と名付けた [8-10]。福島はその著書において「状況に応じて異なった処理方法の適用を必要とするような比較的万能な情報処理を行うためには、網膜段階であり高等な処理を行って情報を落としてしまうことは得策ではなく、高等動物のように、ひとまず大脳に情報を送った上で処理をするほうが都合がよいのであろう」と述べている [11]。脳モデル超伝達機構はこの考え方に沿っている。

脳は一瞬にして多くの情報を統合して処理することが知られている。この脳モデル超伝達機構の本質は、その環境に存在するほとんどすべての情報を、

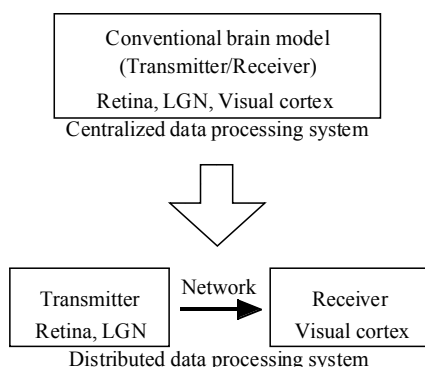


図1 脳モデル超伝達機構と従来の脳モデルとの対応

ほぼそのまま送信することにある。つまり、五感情報を送信し、受信部でそれらの情報を選択的に統合し、階層的に処理する。

従来のニューラルネットは脳のメカニズムを送信側と受信側の区別がない、いわば集中処理システムとして取り扱っていた。しかし、脳モデル超伝達機構では脳を送信側と受信側とに明確にわけて分散システムとしてこれを模倣している(図1)。そして送信側と受信側の間に様々な情報を送りあう(図2)。

3. 脳モデル超伝達機構のプロトタイプ

3.1 プロトタイプ

脳モデル超伝達機構は2つのメカニズムから成る。一つは環境のデータを分析し分割する仕組みである。もう一つは目的に合わせてデータを選択的に統合および階層的に処理する仕組みである。データは五感情報もしくはそれ以上を含んでいる。つまり、脳モデル超伝達機構は感情や雰囲気なども含む五感と言われるもののほとんど全部を、多くの種類のデータとして適切な形式で送り、受け取り手がエージェントを使って、その中から必要なデータを選択するような通信方式が基本である。脳モデル超伝達機構のメカニズムは基本的にはHubelとWieselのV1野における視覚のモデルに基づいている。

脳モデル超伝達機構の情報の流れを示す概念図を図3に示す。脳モデル超伝達機構の説明をプロトタイプに沿って行う。プロトタイプはカードゲームである「ダウト」を実施するときに用いる通信部分である。プロトタイプはMacintosh上で稼働する。本プロトタイプでは音声と動画像に加え、2つの触覚情報(マウスへの接触抵抗とマウスへの圧力)がパラメータとして使用可能である。つまり、4つのパラメータを持つプロトタイプである。例えばパラメータを表1のように決定する。触覚情報検知シス

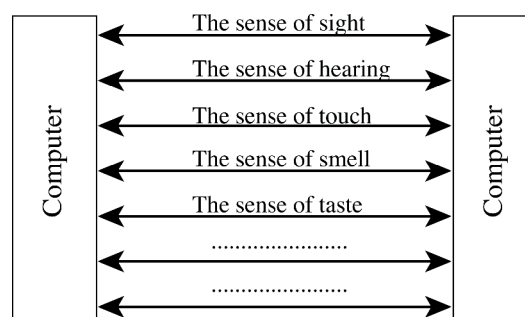


図2 脳モデル超伝達機構のパラメータ

テムを図4に示す。このシステムはゲームを行っているときの興奮度を相手に伝えることを目的としている。接触抵抗検出器はマウスに巻いた銅箔からなっている。接触抵抗検出器は汗の変化による抵抗の変化を検出し、汗をかくと、接触抵抗検出器の抵抗が下がる。接触抵抗はその状態がしばらく保持される。いわば持続的な応答をする。一方、圧力検出器は圧力センサー(FlexiForce、ニッタ(株)製)を銅箔とマウスの間に置いており、親指の圧力を検出するようになっている。マウスを強く握りしめると、圧力検出器の抵抗が下がる。強く握った時にいわば過渡的な応答をする。

3.2 プロトタイプのパラメータを使ったメカニズムの説明

脳モデル超伝達機構の基本的な考え方を式で示す。

【データの送信】

【送信パラメータ分割処理】

$$I = \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (1)$$

(1)式は送られる環境の情報が多くのパラメータに分割されることを示す。1,2,3はパラメータである。この番号は測定機器に対応している。例えば、No.4は圧力センサというようにである。

【送信データ分割処理】

$$x(I) = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (2)$$

(2)式はセンサや測定器から得られたデータ全体を示す。例えば、 x_3 は検出器No.4(圧力センサ)から得たデータである。(1)式と(2)式はセンサや測定機器によって収集された全ての情報が、送信するために多くのパラメータに分割されることを示している。(1)式と(2)式は網膜神経節細胞に対応している。

【パラメータ選択処理】

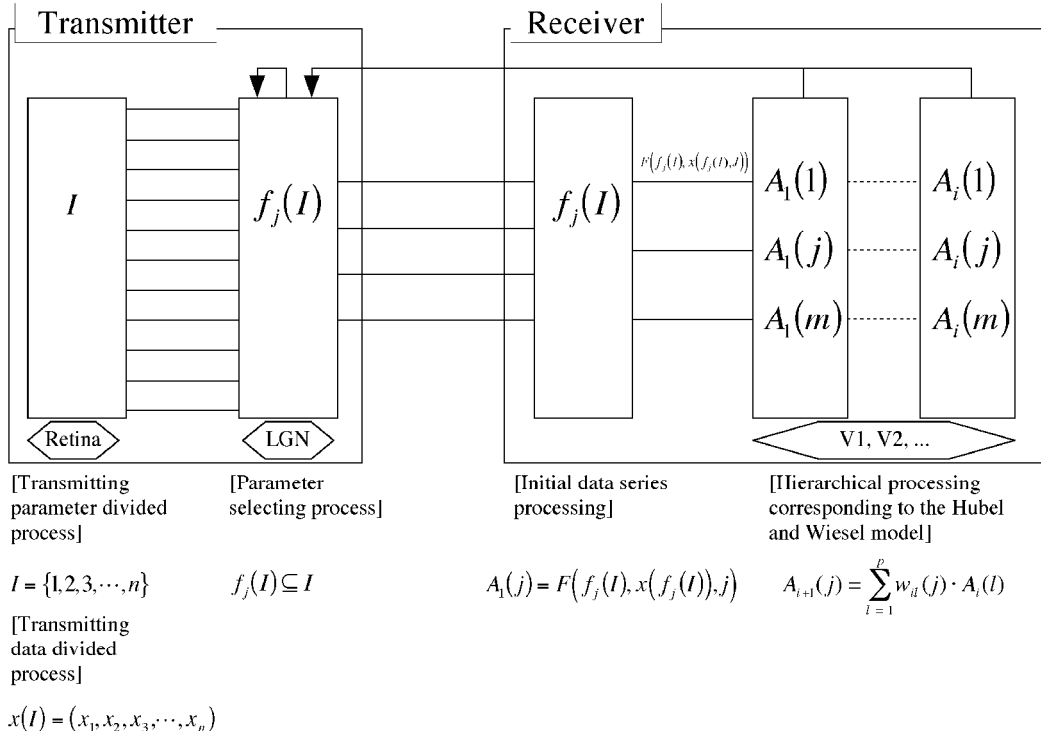


図3 脳モデル超伝達機構の情報の流れ

表1 パラメータの例

$$f_i(I) \subseteq I \quad (3)$$

ここで $f_i(I)$ は (1) 式から注目するパラメータ (機器番号) を選択する関数として定義する。脳モデル超伝達機構では基本的には全てのデータを受信側に送信する。しかし、いくつかのデータは間引かれる。つまり (3) 式は LGN の処理に対応し、LGN 内における抑制と大脳 V1 野からのフィードバック抑制を示している。

【データの受信】

【初期データ処理】

$$A_i(j) = F(f_j(I), x(f_j(I)), j) \quad (4)$$

$A_i(j)$ はエージェントの初期処理 (第一階層目) の処理を示す。もし、エージェントが「対戦相手の心理状態」を処理しなければならないなら、パラメータ No.3 の接触抵抗と No.4 の圧力とを選択し、そのデータを統合して処理する (図5)。しかし、もしエージェントがパラメータ No.1 の音声だけを扱うならば、そのデータをそのまま処理する。

【Hubel と Wiesel モデルに対応する階層化処理】

さらに、脳モデル超伝達機構ではエージェントの処理は階層化される。これは何階層にもなる可能性がある。

No.1 Voice
No.2 Video
No.3 Touch resistor of finger
No.4 Pressure of grasping a mouse

$$A_{i+1}(j) = \sum_{l=1}^p w_{il}(j) \cdot A_l(I) \quad (5)$$

$w_{il}(j)$ は各エージェントの処理における重みを示す。抑制効果に対応して負の値もとりうる。 i は何階層目かを表し、 $l=1, \dots, p$ はエージェントの第 i 階層目の処理要素を表す。

(4) 式と (5) 式とは Hubel と Wiesel の大脳視覚領における階層モデルに対応する。

4. 適用実験

4.1 実験方法

脳モデル超伝達機構のプロトタイプを作成した。脳モデル超伝達機構を通信に使う対象のアプリケーションは「ダウト」である。つまり、ダウトゲームをネットワークを介して行うときに、そのコミュニケーションをとる部分として、脳モデル超伝達機構のプロトタイプを使用するのである。ダウトのゲームは SuperCard によって開発したものである。本



図4 触覚情報検知システム

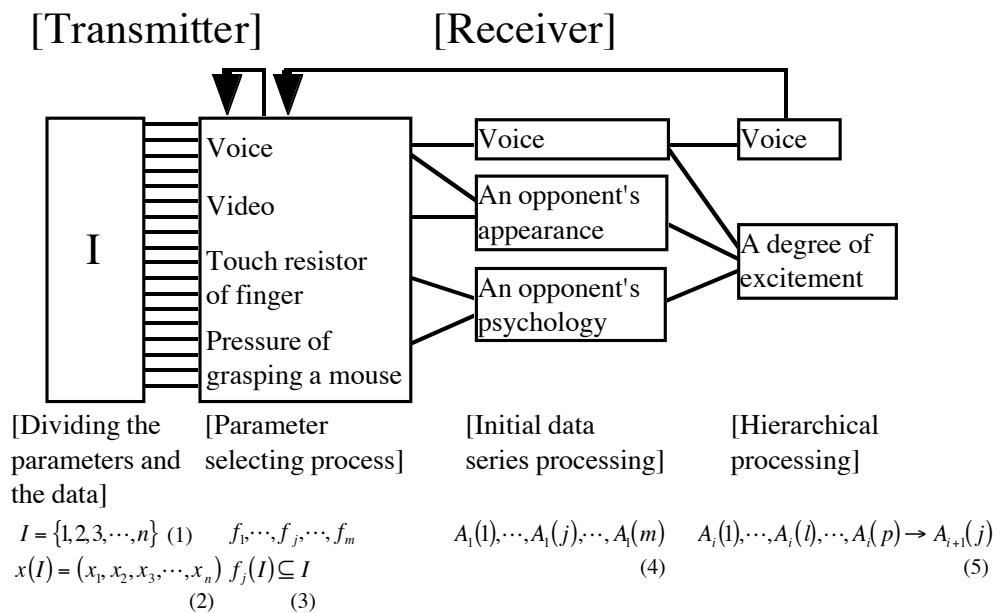


図5 脳モデル超伝達機構の適用例

プロトタイプでは音声、動画像、マウスへの接触抵抗、マウスへの圧力がパラメータとして使用可能である。

実験は、(1) IEEE International Conference of Consumer Electronics の開催会場(ロサンゼルス)の同一室内、(2) 和歌山大学システム工学部内の同一室内で実施した。被験者は、一対一でダウトを行う。被験者は実験(1)ではIEEE ICCEの参加者の約20名で、実験(2)では和歌山大学システム工学部教員、学生合計10名である。パラメータとしては実験(1)では動画像とマウスへの接触抵抗、マウスへの圧力とを用いた。実験(2)ではプロトタイプの評価を中心とするため、マウスへの接触抵抗、マウスへの圧力とを用いた。

実験(1)の実験中の様子を図6に示す。図7は画面の例である。中央にダウトの画面が表示してある。上側は相手のカード、下側は自分のカードである。画面左上部のウィンドウは、相手の触覚情報、左下部は自分の触覚情報である。いずれもリアルタイムに表示される。一方が接触抵抗の情報、もう一方が圧力の情報である。同様に上に示してある人物像は

相手、下側は自分の像である。実験(2)の実験の様子を図8に示す。

4. 2 実験結果

(1) 実験(1)

実験(1)は図6に示すように、相手の顔が直接見えないが、声は聞こえる環境で行った実験である。被験者となっていた人の実験中に聞きとった結果をまとめた。

【本プロトタイプの良い点】

- ・ おもしろい (多数)。
- ・ ゲームがおもしろい。
- ・ 相手の様子が2つのリアルタイムのグラフでわかる。
- ・ これは何に使うものかわかりにくい (心理状態を相手に伝える。少ない量のデータで相手に緊張感を伝える)。
- ・ 東洋人と西洋人とで反応のしかたが異なるのでは。
- ・ ポーカーフェイスならぬポーカーハンドが必要。



図6 実験システム

【他に知りたい情報】

- ・ 体温の情報

【何に活用できるか】

- ・ うそ発見器（多数）.

【本プロトタイプの問題点】

- ・ 最終的な目的はなにか（五感通信の理論を与える）.
- ・ どこが脳モデルなのか（多数）（処理の仕方が視覚系のようにできるだけ多くのパラメータに分けて受信部に送っているから）.
- ・ なぜ接触抵抗と圧力をはかるのか（多数）（視覚系の入口の網膜神経節細胞にはX型（持続型、形を検出）とY型（過渡型、動きを検出）があり、これですべての情報を処理しているため、X型が接触抵抗、Y型が圧力に対応すると考えた）.
- ・ 圧力センサーは押せばそのまま応答するが、接触抵抗はコントロール不可能.
- ・ このゲームが分からない（手持ちのカードが0になれば勝ち）.

【さらに必要な機能】

- ・ 処理に凝るよりセンサーのパラメータを増やす方が良い.
- ・ 判定の自動化.

（2）実験（2）

実験（2）は図8で示したように対面で行った実験で、直接顔を合わせ、声もかけられるので触覚情報の部分のみを通信している。これは脳モデル超伝達機構のプロトタイプのうちの触覚情報の部分を中心に評価するためである。比較のために、触覚情報を用いない場合と紙のトランプで行った場合の実験を行った。また、各実験はカードの1（エース）から13（キング）までを2回出し終わった時点で終了した。実験にかかった平均時間とダウトの指摘が正しかった回数、誤っていた回数を各々表2に示す。表2より、紙のトランプで実験を行うより計算機上でダウトを行うと時間がかかることが分かる。また、

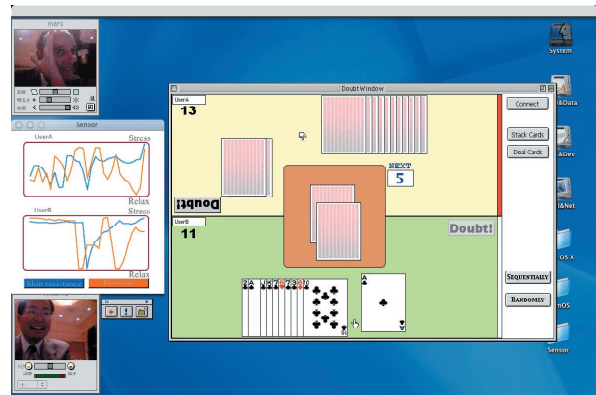


図7 実験システムの画面例

紙のトランプで行った場合のダウトの正誤の割合と触覚情報を付加した計算機上でのダウトの正誤の割合がほぼ等しいことがわかる。

また、表3に実験終了後とった面白さなどの評価結果を5段階評価を示す。「5」が大変良く、「1」が大変悪いことを示している。触覚情報を通信しない場合の実験は実際の紙のトランプを使った実験より評価が低い。しかし、触覚情報を通信する実験では評価が向上し、紙のトランプで行った場合とほぼ同じ評価となった。ここでも触覚情報付きの場合と紙のトランプで行われた場合とがほぼ同じ評価となった。

アンケートの記述式解答の部分を以下に示す。

【本プロトタイプの良い点】

- ・ おおまかに相手の心理が見える（多数）.
- ・ 面白い.

【他に知りたい情報】

- ・ 心拍数（多数）.
- ・ 操作にかかった時間.

【何に活用できるか】

- ・ 健康状態の表示
- ・ ゲームへの応用
- ・ 相手の心理状態を見るシステム

【本プロトタイプの問題点】

- ・ 変化したことは分かるが、それが何かが分からない（多数）.
- ・ 触覚情報の表示がわかりにくい（多数）.
- ・ マウスを握る圧力を意識してしまう.
- ・ 圧力が握り方に依存する.
- ・ 知られたくない心理状態が相手に伝わってしまうような気がする.

【さらに必要な機能】

- ・ 緊張したときに音をならす（多数）.
- ・ 点滅させるなど視覚的に知らせる.
- ・ さりげなく緊張を知らせる.
- ・ カードを出したタイミングと触覚情報表示との同期.



図8 実験中の様子

5. おわりに

五感情報伝達方法として、脳を参考にした脳モデル超伝達機構を提案し、この脳モデル超伝達機構に基づき、動画像と音声に加え、さらに触覚情報をも送付するプロトタイプを試作した。そして、「ダウト」ゲームの通信部分としてこのプロトタイプを適用し、五感情報伝達がこのアプリケーションに及ぼす影響を検討した。その結果下記のことがわかった。

- (1) なんとなく相手の雰囲気伝わり面白い。
- (2) 脳をモデルとしているところが分かりづらい。
- (3) システムとして触覚情報表示形式に問題がある。

今後はさらに触覚情報の表示方法などプロトタイプを改良し、送信するパラメータを増加させるとともに、フィードバック機能や情報を問引く機能を付けて、より脳モデル超伝達機構に沿ったシステムにしていく予定である。

参考文献

- [1] 松下 温, 岡田健一: コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版 (1995).
- [2] 垂水浩幸: グループウェアとその応用, 共立出版 (2000).
- [3] 宗森 純, 吉田 壱, 由井蘭隆也, 首藤 勝: 遠隔ゼミナール支援システムのインターネットを介した適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.447-457 (1998).
- [4] 吉野 孝, 井上 穰, 由井蘭隆也, 宗森 純, 伊藤士郎, 長澤庸二: インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2788-2801 (1998).
- [5] S.Brave, H.Ishii, and A.Dahley: Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication, Proceedings of CSCW' 98, pp.169-178(1998).
- [6] 太田憲治, 本田新九郎, 大澤隆治, 永野 豊, 重野 寛, 岡田謙一, 松下 温: 現実世界に近い仮想空間の構築,

表2 実験にかかった平均時間とダウトの正誤回数

	触覚情報 付き	触覚情報 なし	紙の トランプ
平均時間 (2ターン)	3分42秒	3分28秒	2分20秒
正	6	7	7
誤	11	9	13

表3 アンケート結果

アンケート項目	5段階評価					平均
	1	2	3	4	5	
(1) トランプを使ったダウトは面白かったですか.	0	0	4	5	1	3.7
(2) 計算機を用いたダウトは面白かったですか.	0	0	5	5	0	3.5
(3) 接触抵抗&圧力付きダウトは面白かったですか.	0	0	2	8	0	3.8
(4) 対戦中に相手のグラフを確認できましたか.	0	4	0	3	3	3.5
(5) 対戦中に接触抵抗&圧力で相手の状況がわかりましたか.	0	8	1	1	0	2.3

マルチメディア・分散・協調とモバイル (DICOMO'99) シンポジウム, pp.201-206(1999).

- [7] <http://www.mpt.go.jp/pressrelease/japanese/tsusin/001116j50.html>.
- [8] 宗森 純, 岡田謙一: 脳モデル超伝達機構, 情報処理学会研究報告, GW34-3, pp.13-18(2000).
- [9] Jun Munemori: Brain Model Hyper Communication Mechanisms, Proceedings of 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2000), pp.254-259 (2000).
- [10] Jun Munemori: Modified Brain Model Hyper Communication Mechanisms, Proceedings of 2001 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2001), pp. 622-627 (2001).
- [11] 福島邦彦: 視覚の生理とバイオニクス, 電子通信学会 (1976).
- [12] 斉藤秀昭: 高次視覚中枢におけるパターンの運動情報のコーディング, 脳研究とニューロコンピュータ, 生物の科学・遺伝別冊 No.2, pp.24-33, 裳華房 (1989).
- [13] D. H. Hubel, T.N.Wiesel: Receptive Fields, Binocular Interaction and Functional Architecture in the Cat's Visual Cortex, J.Physiol.(London), 160, pp.106-154 (1962).