

CG合成顔画像を用いた脳障害の程度評価

Assessment of cerebral disease by using face image synthesis —Medical application of multimedia communication technique—

研究代表者 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 知識情報工学専攻 助教授 杉浦彰彦
Assistant professor, Knowledge-based Information Engineering, Toyohashi
Univ of Tech. Akihiko SUGIURA

Cerebral disease is becoming a more serious problem as society ages. Methods are thus needed to evaluate the extent of cerebral disease so that rehabilitation can be provided. In our study, we are trying to detect early sign of cerebral disease by making use of the recognition mechanism of the face and synthesizing facial images using computer technology. We evaluated the extent of cerebral disease by performing two kinds of experiments: parts synthesis and expression synthesis. By detecting cerebral disease early, we start rehabilitation early and reduce the load on medical doctors. Based on the results, we classified prosopagnosia patients as having cerebral disease or being normal. We then identified those in the second group that had a risk of slight cerebral disease by conducting a parts-movement experiment.

1. 研究目的

近年、医療技術の進歩に支えられて、脳出血や脳腫瘍などの治癒率が飛躍的に高まった。しかし、これらの疾患に伴う脳の損傷により、後遺症が発生することも少なくない。脳障害患者向けに社会保険の整備が進められているが、厚生省基準にもみられるように、脳障害の程度評価については検討すべき課題も多い。とくに軽度の脳障害の発見は重要な研究テーマとなっている。我国においても高齢化が進む中で、脳障害は大きな社会問題になっている。

本研究では、顔画像を用いて、これまで判断が難しかった脳障害の程度評価と、軽度の脳障害を早期に発見するためのシステムを開発する。さらに同様の技術を適用して、患者や医療担当者にとって負担の重いリハビリを、コンピュータゲーム感覚で進めることができるようにしたい。

従来の検査では専門医の間診などが主流であったが、検査結果を恐れる患者の意図的な虚偽申告等により、正確な評価が難しかった。また、MRIやCTの脳断面画像からだけでは、脳損傷の程度評価は難しい。ここでは、デジタル画像合成技術を用いて人の顔や表情を合成し、その微妙な変化の認知の度合いから脳障害の程度評価を試

みる。顔画像は偽造防止の目的で各国の紙幣に用いられており、その認知は視覚系の中でも最も繊細な部位に依存していることが知られている。実験では人為的に表現の難しい顔の微妙な変化を、TV電話用に開発された最新のCG技術を用いて実現し、脳障害検査の簡略化(簡易検査)を行う。

これまでに我々は、デジタル画像の高エネルギー方式や伝送方式について中心に研究を進めてきたが、TV電話通信の画質評価の際に、画像の劣化に敏感な人と鈍感な人がいることに気がついた。その感度は年齢などには依存しておらず、脳損傷をおった人の認知能力が低いことがわかった。そこで、顔画像の認知からぼけが測定できるのではないかと考え研究に着手した。

2. 研究経過

本研究は、おおむね以下の3段階で実験を進める。

①顔画像のデジタル合成技術の高度化

はじめに、脳障害の程度評価とリハビリに用いる画像の収集・合成の簡素化を目的に、顔画像のデジタル合成技術の高度化について検討する。実験では、数枚の顔画像から各構成要素(部品)を抽出・合成し、違和感の少ない顔画像を半自動的に合成す

る（部品合成の実験）。

さらに、顔面の筋肉の基本的な動き（アクションユニット）に基づいて、「微笑み」「驚き」「恐怖」「怒り」「嫌悪」「悲しみ」の6種類の顔の表情を合成する。これにより顔画像の収集の手間が大幅に簡略化され、微妙な表情の変化も容易に実現できる（表情合成の実験）。

②顔の認知能力による脳障害の程度評価

次に収集した顔画像と合成した顔画像を用いて、健常者と軽度脳損傷患者数十名に対して、脳障害の程度の定量化を試みる。

①で述べた「部品合成」と「表情合成」の実験の2段階の評価により、脳障害の程度評価を行い、リハビリの際の基準とする。

部品合成の実験では、顔の各部品（輪郭、眉、目、鼻、口）を、順に他の顔から入れ替えて合成した5種類の顔画像を用いて評価する。表情合成の実験では、無表情な顔から「微笑み」「驚き」「恐怖」「怒り」「嫌悪」「悲しみ」の6種類の表情を合成したものを用いて、脳障害の程度を評価する。

③微小変移顔画像による軽度脳障害の程度評価

さらに、微小変移させた平均顔画像を用いて、健常者の軽度脳障害の程度の定量化を試みる（部品変移の実験）。ここでは、認知能力の程度に応じて、専門医の診断を促したり、コンピュータにより自動的にリハビリを進める手法について検討する。

また、脳障害の一例として相貌失認の程度評価結果についても報告する。

3. 研究成果

3. 1. 部品合成による評価実験

相貌失認の代表的な症状として、知人の顔の認知ができなくなるというものがあるが、その他にも、顔自体の異同弁別や喜怒哀楽などの表情の理解ができなくなるという症状が見られることもある。これらの症状に対応して「部品合成の実験」と「表情合成の実験」を採用することで、実験結果によって症状が多岐にわたっているかを見ることができ、程度評価につながると考えた。初めに、顔の各部品（輪郭、眉、目、鼻、口）を、順に他の顔から入れ替えて合成した5種類の顔画像を用いて実験を行った。部品合成した顔画像の例を図1に示す。

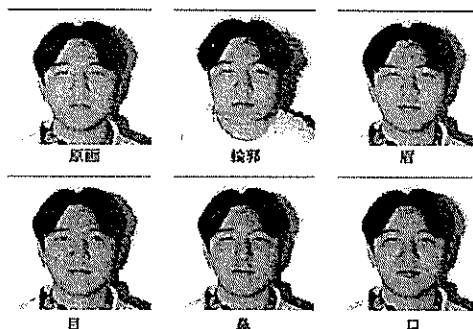


図1 部品合成顔の例

表1 被験者の内訳

健常者						
年代	20	30	40	50	60	70
人数	12	12	11	10	10	10
脳障害患者						
年代	20	30	40	50	60	70
人数	0	2	3	9	7	2

表2 部品合成における順位

健常者 平均ポイント：12.8p

	眉	目	鼻	口	髪
平均順位	2.2	4.3	2.0	2.9	3.7
分散	1.3	1.1	1.0	1.2	1.3
最頻値	2	5	1	3	4

脳損傷 平均ポイント：10.4p

	眉	目	鼻	口	髪
平均順位	2.4	3.8	2.1	2.6	4.0
分散	1.3	1.4	1.2	1.5	1.4
最頻値	3	5	1	2	5

相貌失認 平均ポイント：5.0p

	眉	目	鼻	口	髪
平均順位	2.8	3.1	2.4	2.7	4.1
分散	2.1	1.9	1.5	1.4	1.4
最頻値	1	3	1	3	5

この5種類の画像を元の顔画像と同時に提示して、元の顔に似ていると思われる順に列べてもらう。被験者としては表1に示す通り、20代から70代までの男女65名の健常者と、脳障害患者23名（左脳損傷14名、右脳損傷7名、両脳損傷2名）、相貌失認患者3名を対象に評価を行った。顔画像の合成には、被験者にとって未知である男女各5名の無表情な顔を用いた。元の顔に近い（違和感が小さい）と認識され

た画像から1, 2・・5と順位を付け, 実験用顔画像種類について各部品毎の平均順位, 順位分散, 最頻値を求めた結果を表2に示す。さらに, 我々は実験結果の平均順位と最頻値のずれ, 分散値の大きさの2点に着目し, 平均順位の順番と一致した回答(順位)の個数を評価基準(p:ポイント)として, 脳障害を定量化した。平均順位と最頻値が近く, かつ分散値が小さいほどポイントが高く, 正常な認知がなされていることを示す。実験結果(表2)から, 健常者の場合は平均順位と最頻値が一致しており, おおむね目, 輪郭, 口, 眉, 鼻の順番で合成画像に対して違和感を感じたことがわかる。しかし相貌失認患者の場合, 平均順位には大きな差はなく, 辛うじて輪郭, 目, 眉, 口, 鼻の順になるが, 最頻値では輪郭, 口と目, 鼻と眉の順となる。このことから, 違和感の小さい変化ほど健常者との認識に差がでることがわかる。また, 健常者の順位と相貌失認患者の順位では殆ど重なる部分がなく, 違和感を感じる部品が異なっていることがわかる。

さらに, 健常者の場合は同じ部品を交換した場合に違和感を感じており, 分散値も1.4以下であるのに対して, 相貌失認患者の場合は, どの部品で違和感を感じるかが定まっていないため, 軒並み高い分散値を示している。また, ポイントの下位すべてが相貌失認患者であるため, 患者のみを検出可能であることがわかった。専門医による診断において, 症状が重い患者のポイントが低く, 実験結果は脳障害の程度を示す目安となることが確認された。もし本実験でランダムに選択した場合でもおおむね6pとなるが, 相貌失認患者の評価基準は, この値に相当しており, 相貌失認の一般的な症状を反映している実験結果といえる。

3. 2. 表情合成による評価実験

次に, 脳損傷の程度評価とリハビリに用いる顔画像の収集の簡素化を目的に, 無表情な顔から表情を合成し実験を行う。表情合成は, 顔の筋肉の基本的な動きを示すアクションユニットの組合せにより, 様々な感情を表現することができ, その表情の変化を一定量に調節できるため, 本実験に適している。

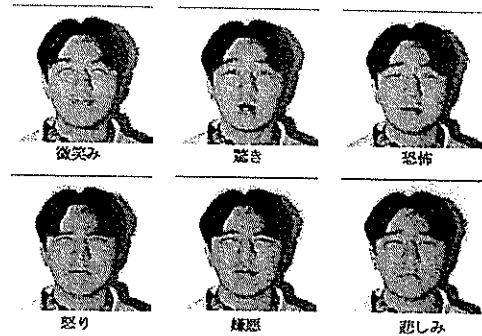


図2 表情合成顔の例

ここでは図2に示すように, 「微笑み」「驚き」「恐怖」「怒り」「嫌悪」「悲しみ」の6種類の表情を合成して, 元の顔画像と共に提示して, 各表情名が記入されたボード上に6枚の合成顔画像を分類してもらい, その正解率を評価した。各被験者の平均正解率の分布を表3に示す。表より, 健常者の平均正解率は82.6%であるのに対して, 脳損傷患者では69.6%の正解率に留まった。また, 健常者中にも正解率60%以下が8名おり, 表情合成による評価だけでは脳損傷患者のみを確実に検出できなかった。しかし正解率60%以下の健常者8名は, 部品合成の実験では12p~19pであるため, 部品合成と表情合成の両手法を用いれば誤診を回避できる。

さらに, 年齢による影響を評価するために, 年代別に部品合成と表情合成の実験結果を表4にまとめた。表より若干のばらつきはあるものの, 年代による傾向は殆ど観測されなかった。

3. 3. 部品変移による評価実験

健常者をランク分けするためには, 難しいテストである必要がある。そこで部品を微小に変移した顔画像を用いることにした。実験では顔の各部品を, 上下に1~3画素移動させた顔画像を合成し, 認知能力を評価する。パソコン画面に30秒間, 見本顔画像を提示し, その後5秒間隔で10枚の顔を提示し, 変化があるか否かをマウスで回答する。これら一連の評価を男女平均顔それぞれについて行った(60試行, 満点は60点)。実験では顔の特徴を受けないように, 図3に示す平均顔を用いた。

表3 表情合成による評価結果

健常者 平均正解率：82.6%

正解率 (%)	40	50	60	70	80	90	100
度数 (人)	0	2	6	11	13	20	13

脳損傷 平均正解率：69.6%

正解率 (%)	40	50	60	70	80	90	100
度数 (人)	4	1	5	4	2	5	2

表4 年代別の評価結果

年代		20	30	40	50	60	70
健常者	平均ポイント (P)	14.3	12.8	15.1	10.4	12.2	11.6
	平均正解率 (%)	84	88	82	81	85	73
脳損傷	平均ポイント (P)	-	9.5	12.3	9.6	11.0	9.0
	平均正解率 (%)	-	55	60	72	76	60

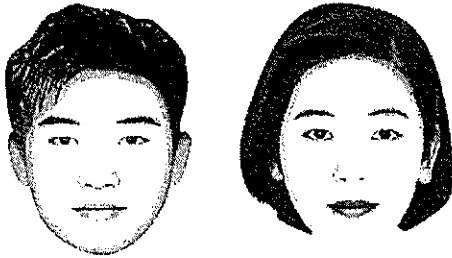


図3 平均顔

表5 部品変移による評価結果

ランク	A	B	C
人数	5	10	9
平均点	46.6	41.6	34.0
点数の幅	50~43	48~37	39~29

さらに、被験者が虚偽の回答をした場合に対処するために、変移が大きい画像で同じと回答し、変移の少ない画像を違うと答えた個数を監視している。実験では、前実験で御協力頂いた健常者の中から24名について、専門医(精神科医)の問診と長谷川式簡易検査により軽度脳障害の危険度として3段階(A~Cランク:C危険)に分類して頂き、評価の基準とした。実験結果として各ランクの人数、平均点と点数の幅を表5に示す。

表より、ランク境界で一部オーバーラップが存在するものの、本方式の正解数からおおむねランクが判別できることがわかった。さらに各ランクの平均点はA:46.6, B:41.6, C:34.0となっており、

各ランク間で5点以上の差が観測され、ランク分けが比較的上手くできていることがわかった。

4. 今後の課題と発展

今後の課題として、画像処理精度を向上させ、さらに違和感の少ない顔画像を合成したい。本方式は、現在検討が進められているマルチメディア情報通信を用いた医療技術の高度化の一環として、今後の進展が期待される研究分野に属している。また、軽度脳障害の程度評価が可能になれば、リハビリ機器への実用化も容易なものになる。

5. 発表論文リスト

- [1]杉浦 彰彦, 上田 正子: “顔画像の合成による相貌失認の程度評価”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-A, No. 1, pp. 294-297 (1997)
- [2]米村恵一, 杉浦彰彦, 滝沢穂高, 山本真司, 原島博: “合成顔画像を用いた脳障害の程度評価”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 54, No. 6, pp. 865-870 (2000)
- [3]Akihiko SUGIURA, Keiichi YONEMURA, Hiroshi HARASHIMA: “A Classification of Cerebral Disease by using Face Image Synthesis”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. E83-A, No. 9, pp. 1853-1859 (2000)