

ファジー逆問題のフェイス法への適用

正員 東北工業大学 佐藤仁一郎

はじめに

日本語を含めて大部分の自然言語は、その意味内容があいまいな広がりを持ち、多義的なものです。意味内容に幅があることにより融通があり、共通点が存在し会話が成り立つものと思われまふ。事象の思考は言語を使い表現し、それを繋ぎあわせ会話が成り立ち発展してゆくものと考えられます。思考は状況をあいまいに判断し、あいまいな言葉をあてはめ、適当に切り上げ、考えを移しているものと考えられます。人間のすぐれた知能は、人間があいまいな概念を自由自在に駆使できる能力に起因するのではないとも考えられます。ここに、あいまいさ fuzziness の必然的重要性が理解出来ることとなります。

人間の経験や勘などはあいまいな情報であります。このあいまいな人間のもつ情報は、言葉で表現されることが多く、この言語情報を機械が扱えるように数値情報へ変換する手段が、ファジー理論と言えます。あいまいな情報を数値化して処理する理論がファジー理論といえます。

1965年に、アメリカのカリフォルニア大学の L.A. Zadeh 教授により、人間の主観的な思考や判断の過程をモデル化し、これを定量的に取り扱う表現手段として、ファジー集合 Fuzzy Sets が提案されました。

1985年には、国際ファジーシステム学会 (I F S A International Fuzzy Systems Association) が設立され、スペインで第 1 回国際会議が開催され、1987年には日本で第 2 回国際会議が、1989年には米国のシアトルで第 3 回国際会議が開催されました。

従来のコンピュータが苦手とする、大体とか、少しかい概念を扱うこの理論を応用したシステム商品が、生活の場に浸透しつつあります。日本の産業界からも注目され実用化されつつあります。ファジー制御による自動運転システムに採用し、ベテラン運転手に近い乗り心地を実現した仙台市の地下鉄。スイングからその人に最も適したクラブをファジー理論でゴルフクラブを選択するシステム。パソコンの画面に次々に表われる質問に答える形で、対話しながら自分の症状

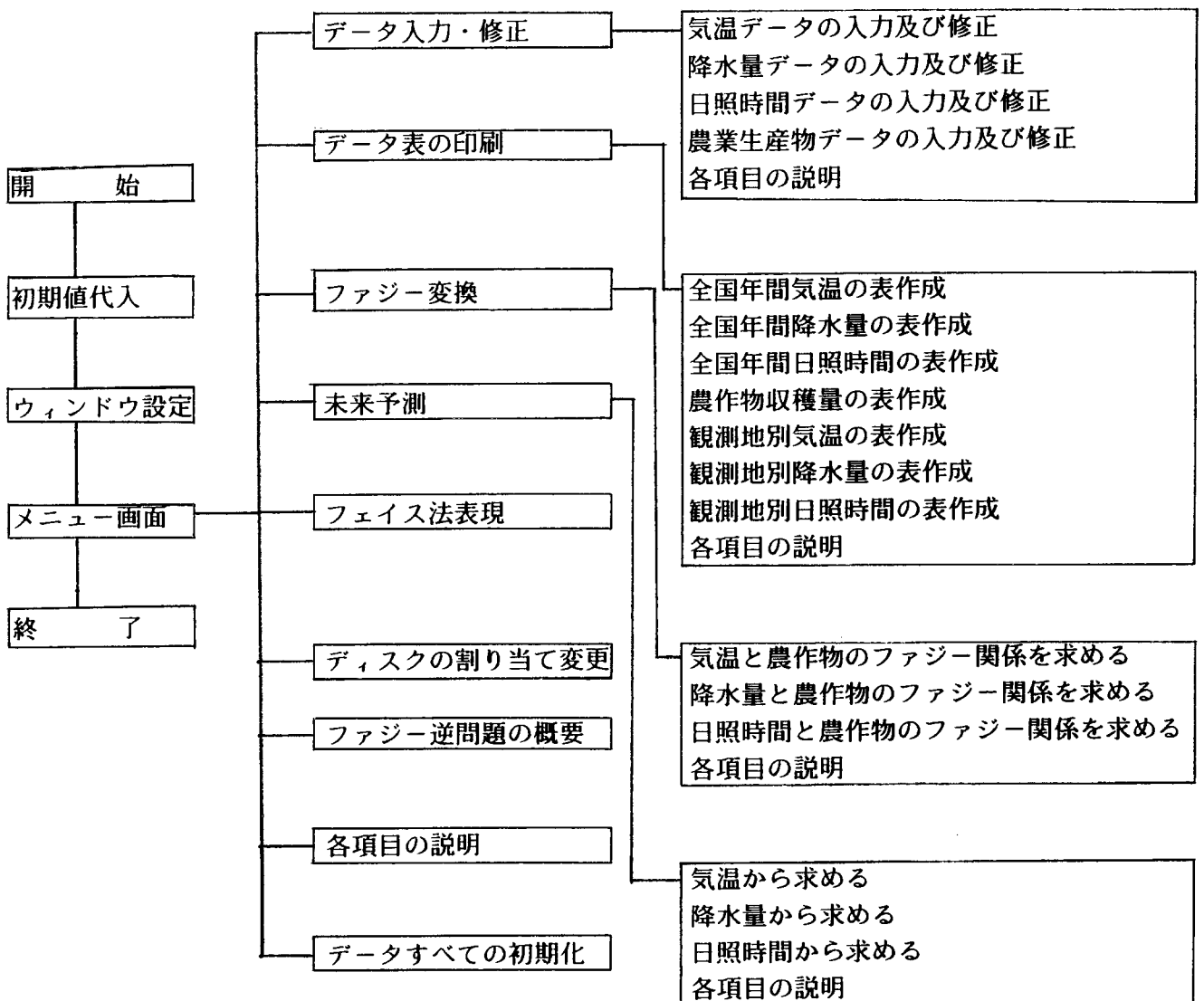
を訴え、最後に「胃炎の可能性がある」など、そのたしからしさを表示させる「予診問診システム」。洗濯物の汚れ程度を感知し、それにおおじた時間を自動的に割り出して洗えるファジー洗濯機。室内の状況を感じとり、温度調整をするエアコン等があります。

数値情報をパターン情報へ変換する手段として、多次元データのグラフ表現法が有効であります。多次元データのグラフ表現法には、多角形グラフ、線形プロフィール、メトログリフス、フーリエ級数、極座標フーリエ級数、樹木図、フェイス法など、種々のものが考案されてます。本稿は、多次元データグラフ表現法の 1 つであるフェイス法について、数学的定式化をしその特徴である表情を活用してデータの表現が可能であることを示すものです。

「人間の心の flexibility は人の顔に接したとき最大限に発揮する」ことを有効に利用して、フェイス法を提唱したのはスタンフォード大学の Chernoff 教授であります。Chernoff 提案当初、フェイスが男女の区別のないモノセックスであったり、老若の区別も十分でなく、能面のごとく、人間の機微に対応するとは言い難い状況でしたが、その後改良され、現在、種々のフェイス法が提案され、豊かな表情を持つフェイス法となりつつあります。

過去数年間の気象条件 (気温、降水量、日照時間) 及び農業生産物の収穫量のデータを用い、データ間のファジー関係を定式化し、新しい気象条件のデータを入力することにより、農業生産物の収穫量を予測します。予測結果をフェイスグラフで表現することにより、予測結果をあいまい情報の形で表わします。

1. 気象データによる農業生産物の収穫量予測プログラムの概要



2. アルゴリズム

- 農業生産物の収穫量の多い順に、データを並び換える。
- 並び換えた収穫量データの年次に従い、各気象データも並び換える。
- 並び換えた各気象データを平均値に対して上か下かを判断し、上なら+、下なら-を割り当てる。
- +、-で表現された気象データを上位、下位にそれぞれ分け、上位5位での傾向と下位5位での傾向をそれぞれ比較する。

- 上位5位までを調べ、1位には11、2位には7、3位には4、4位には2、5位には1を当てはめ上で求めた傾向に当てはまる位に割り当てた数を加算し、傾向により+、-の符号をつける。
- 上位、下位同じ順位のもの同士を比較し、それぞれの傾向が逆で同時に上位が上で求めた傾向に当てはまるものはさらに順位で割り当てた数を考慮する。
- このようにして求めた数を50で割り関係を求める。

2-1. 農業生産物の収穫量の多い方からデータを並び換える

| 年次(昭和) | 作付け面積(1000ha) | 収穫量(1000t) | 単位面積当りの収穫量(t/ha) |
|--------|---------------|------------|------------------|
| 39 | 19 | 321 | 16.8 |
| 42 | 19 | 429 | 22.5 |
| 53 | 19 | 484 | 25.4 |
| 54 | 20 | 505 | 25.2 |
| 55 | 20 | 485 | 24.2 |
| 56 | 20 | 479 | 23.9 |
| 57 | 20 | 482 | 24.1 |
| 58 | 20 | 493 | 24.6 |
| 59 | 20 | 470 | 23.5 |
| 60 | 21 | 468 | 22.2 |

↓

・単位面積当りの収穫量の順位で並び換える・

↓

| 年次(昭和) | 作付け面積(1000ha) | 収穫量(1000t) | 単位面積当りの収穫量(t/ha) |
|--------|---------------|------------|------------------|
| 53 | 19 | 484 | 25.4 |
| 54 | 20 | 505 | 25.2 |
| 58 | 20 | 493 | 24.6 |
| 55 | 20 | 485 | 24.2 |
| 57 | 20 | 482 | 24.1 |
| 56 | 20 | 479 | 23.9 |
| 59 | 20 | 470 | 23.5 |
| 42 | 19 | 429 | 22.5 |
| 60 | 21 | 462 | 22.0 |
| 39 | 19 | 321 | 16.8 |

↑

良好

不良

↓

2-2. 並び換えた収穫量データの年次に従って気象データを並び換える

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|------|------|---|------|-----|
| 39 | 1.8 | 0.3 | ～ | 8.5 | 3.8 |
| 42 | -0.1 | 0.8 | ～ | 8.1 | 2.6 |
| 53 | 1.1 | -0.9 | ～ | 8.9 | 5.4 |
| 54 | 2.7 | 4.1 | ～ | 10.5 | 5.7 |
| 55 | 1.4 | -0.2 | ～ | 9.6 | 3.6 |
| 56 | 0 | 1.4 | ～ | 6.5 | 4.1 |
| 57 | 1.1 | 0.9 | ～ | 10.1 | 5.6 |
| 58 | 2.2 | 0.6 | ～ | 8.1 | 2.8 |
| 59 | -0.5 | -1.0 | ～ | 8.0 | 3.1 |
| 60 | -1.1 | 2.4 | ～ | 9.2 | 3.0 |

↓

2-1で求めた年次に従って並び換える

↓

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|------|------|---|------|-----|
| 53 | 1.1 | -0.9 | ～ | 8.9 | 5.4 |
| 54 | 2.7 | 4.1 | ～ | 10.5 | 5.7 |
| 58 | 2.2 | 0.6 | ～ | 8.1 | 2.8 |
| 55 | 1.4 | -0.2 | ～ | 9.6 | 3.6 |
| 57 | 1.1 | 0.9 | ～ | 10.1 | 5.6 |
| 56 | 0 | 1.4 | ～ | 6.5 | 4.1 |
| 59 | -0.5 | -1.0 | ～ | 8.0 | 3.1 |
| 42 | -0.1 | 0.8 | ～ | 8.1 | 2.6 |
| 60 | -1.1 | 2.4 | ～ | 9.2 | 3.0 |
| 39 | 1.8 | 0.3 | ～ | 8.5 | 3.8 |

↑ 良好

不良

↓

2-3. 並び換えた気象データを平均値を基に上 (+) 下 (-) に割りふる

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|------|------|---|------|-----|
| 53 | 1.1 | -0.9 | ～ | 8.9 | 5.4 |
| 54 | 2.7 | 4.1 | ～ | 10.5 | 5.7 |
| 58 | 2.2 | 0.6 | ～ | 8.1 | 2.8 |
| 55 | 1.4 | -0.2 | ～ | 9.6 | 3.6 |
| 57 | 1.1 | 0.9 | ～ | 10.1 | 5.6 |
| 56 | 0 | 1.4 | ～ | 6.5 | 4.1 |
| 59 | -0.5 | -1.0 | ～ | 8.0 | 3.1 |
| 42 | -0.1 | 0.8 | ～ | 8.1 | 2.6 |
| 60 | -1.1 | 2.4 | ～ | 9.2 | 3.0 |
| 39 | 1.8 | 0.3 | ～ | 8.5 | 3.8 |

↑ 良好

↓ 不良

↓

平均値

| 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|------|------|---|------|------|
| 0.86 | 0.84 | ～ | 8.71 | 3.97 |

↓

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|----|----|---|-----|-----|
| 53 | + | - | ～ | + | + |
| 54 | + | + | ～ | + | + |
| 58 | + | - | ～ | - | - |
| 55 | + | - | ～ | + | - |
| 57 | + | + | ～ | + | + |
| 56 | - | + | ～ | - | + |
| 59 | - | - | ～ | - | - |
| 42 | - | - | ～ | - | - |
| 60 | - | + | ～ | + | - |
| 39 | + | - | ～ | - | - |

↑ 良好

↓ 不良

2-4-1. 気象データの上位5位と下位5位に分ける

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|----|----|---|-----|-----|
| 53 | + | - | ～ | + | + |
| 54 | + | + | ～ | + | + |
| 58 | + | - | ～ | - | - |
| 55 | + | - | ～ | + | - |
| 57 | + | + | ～ | + | + |
| 56 | - | + | ～ | - | + |
| 59 | - | - | ～ | - | - |
| 42 | - | - | ～ | - | - |
| 60 | - | + | ～ | + | - |
| 39 | + | - | ～ | - | - |

↑ 良好

↓ 不良

↓

上位、下位に分ける

↓

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|----|----|---|-----|-----|
| 53 | + | - | ～ | + | + |
| 54 | + | + | ～ | + | + |
| 58 | + | - | ～ | - | - |
| 55 | + | - | ～ | + | - |
| 57 | + | + | ～ | + | + |

↑ 良好

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|----|----|---|-----|-----|
| 56 | - | + | ～ | - | + |
| 59 | - | - | ～ | - | - |
| 42 | - | - | ～ | - | - |
| 60 | - | + | ～ | + | - |
| 39 | + | - | ～ | - | - |

↓ 不良

2-4-2. 上位5位、下位5位でそれぞれ傾向を符合より求め、次の式より収穫量が多くなるための全体の傾向を求める

$$\text{(全体の傾向)} = \text{(上位の傾向)} - \text{(下位の傾向)}$$

| 年次(昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|--------|----|----|---|-----|-----|
| 53 | + | - | ～ | + | + |
| 54 | + | + | ～ | + | + |
| 58 | + | - | ～ | - | - |
| 55 | + | - | ～ | + | - |
| 57 | + | + | ～ | + | + |
| 上位の傾向 | 5+ | 1- | | 3+ | 1+ |

↑ 良好

| 年次(昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|--------|----|----|---|-----|-----|
| 56 | - | + | ～ | - | + |
| 59 | - | - | ～ | - | - |
| 42 | - | - | ～ | - | - |
| 60 | - | + | ～ | + | - |
| 39 | + | - | ～ | - | - |
| 下位の傾向 | 3- | 1- | | 3- | 3- |

↓ 不良

↓

上の式より全体の傾向を調べる

↓

| | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|-------|----|----|---|-----|-----|
| 上位の傾向 | 5+ | 1- | | 3+ | 1+ |
| 下位の傾向 | 3- | 1- | | 3- | 3- |
| 全体の傾向 | + | 0 | | + | + |

2-5. 上位5位までで収穫量が多くなるための全体の傾向に当てはまっているものに対し、上位から順に、11、7、4、2、1を割り当て、その総和に傾向の符合を付けて表わしておく

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|----|----|---|-----|-----|
| 53 | + | - | ～ | + | + |
| 54 | + | + | ～ | + | + |
| 58 | + | - | ～ | - | - |
| 55 | + | - | ～ | + | - |
| 57 | + | + | ～ | + | + |
| 全体の傾向 | + | 0 | | + | + |

↓

割り当てる

↓

| 年次 (昭和) | 1月 | 2月 | ～ | 11月 | 12月 |
|---------|-----|----|---|-----|-----|
| 53 | 11 | 0 | ～ | 11 | 11 |
| 54 | 7 | 0 | ～ | 7 | 7 |
| 58 | 4 | 0 | ～ | 0 | 0 |
| 55 | 2 | 0 | ～ | 2 | 0 |
| 57 | 1 | 0 | ～ | 1 | 1 |
| 上位の総和 | +25 | 0 | | +21 | +19 |

2-6. 上位、下位同順位のもの同志を比較し、上位のものが収穫量が多くなるための傾向に当てはまり、同時に下位のものがこの傾向と逆になっている場合には、上位から順に、11、7、4、2、1を割り当て、傾向の符合を付けて表わし、その総和をとる

| | | | | | | | |
|------|------|--------|----|----|---|-----|-----|
| 1位同志 | | 年次(昭和) | 1月 | 2月 | ~ | 11月 | 12月 |
| | 上位 | 53 | + | - | | + | + |
| | 下位 | 39 | + | - | | - | - |
| | 割り当て | | 0 | 0 | | +11 | +11 |

| | | | | | | | |
|------|------|----|----|---|--|---|----|
| 2位同志 | 上位 | 54 | + | + | | + | + |
| | 下位 | 60 | - | + | | + | - |
| | 割り当て | | +7 | 0 | | 0 | +7 |

| | | | | | | | |
|------|------|----|----|---|--|---|---|
| 3位同志 | 上位 | 58 | + | - | | - | - |
| | 下位 | 42 | - | - | | - | - |
| | 割り当て | | +4 | 0 | | 0 | 0 |

| | | | | | | | |
|------|------|----|----|---|--|----|---|
| 4位同志 | 上位 | 55 | + | - | | + | - |
| | 下位 | 59 | - | - | | - | - |
| | 割り当て | | +2 | 0 | | +2 | 0 |

| | | | | | | | |
|------|------|----|----|---|--|----|---|
| 5位同志 | 上位 | 57 | + | + | | + | + |
| | 下位 | 56 | - | + | | - | + |
| | 割り当て | | +1 | 0 | | +1 | 0 |

2-7. 2-5と2-6で求めた数を合計し、その際の最大値50で割る

| | | | | | |
|--------|-----|---|--|-----|-----|
| 8-5の総和 | +25 | 0 | | +21 | +19 |
| 8-6の総和 | +14 | 0 | | +14 | +18 |
| 計 | +39 | 0 | | +35 | +37 |

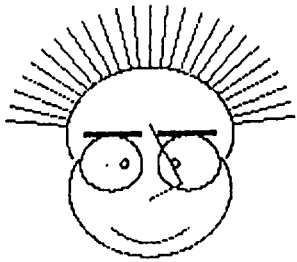
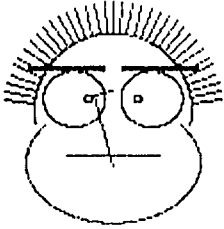
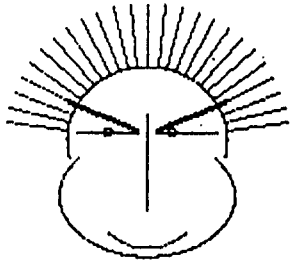
↓

| |
|-------|
| 50で割る |
|-------|

↓

| | | | | | |
|--------|-------|----|--|------|-------|
| | 1月 | 2月 | | 11月 | 12月 |
| ファジー関数 | +0.78 | 0 | | +0.7 | +0.74 |

3. 作図例

|  | |  | |  | |
|---|---|---|---------|---|--|
| 気温からの予測 | | 降水量からの予測 | | 日照時間からの予測 | |
| 各パラメータの対応関係 | | | | | |
| 顔の輪郭の上側 | = | だいこん | 顔の下側の輪郭 | = | にんじん |
| 顔の形 | = | ごぼう | 目の位置 | = | なし |
| 目の大きさ | = | うめ | 目の形 | = | かき |
| 右目の瞳の位置 | = | みかん | 左目の瞳の位置 | = | りんご |
| 口の幅 | = | 小麦 | 口の形 | = | お米 |
| 眉毛の長さ | = | たまねぎ | 眉毛の角度 | = | ねぎ |
| 鼻の長さ | = | かんしょ | 鼻の形 | = | ばれいしょ |
| 髪の毛の本数 | = | ほうれんそう | 髪の毛の長さ | = | すいか |
| 各気象データから導き出した予測結果の5段階評価 | | | | | 総合評価 |
| 作物名 | 気温 | 降水量 | 日照時間 | 平均 | 果物については 平年並です 野菜については やや良好です 穀物については やや良好です 芋類については やや良好です ねぎ類については やや良好です 根類については やや良好です |
| なし | 1 | 3 | 3 | 2 | |
| うめ | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| かき | 4 | 4 | 1 | 3 | |
| ごぼう | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| みかん | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| りんご | 4 | 4 | 3 | 4 | |
| たまねぎ | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| だいこん | 4 | 2 | 3 | 3 | |
| にんじん | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| すいか | 4 | 2 | 4 | 3 | |
| ほうれんそう | 3 | 4 | 3 | 3 | |
| ねぎ | 3 | 3 | 4 | 3 | |
| お米 | 4 | 3 | 4 | 4 | |
| 小麦 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| かんしょ | 4 | 4 | 5 | 4 | |
| ばれいしょ | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 判定基準 | 良好 ← 白色 ← 水色 ← 緑色 → 黄色 → 赤色 → 不良 良好 ← 5 ← 4 ← 3 → 2 → 1 → 不良 | | | | 総合的に見ると やや良好です |

4. まとめ

過去の統計資料の中から、気温・降水量・日照時間の3つのデータと、農業生産物の収穫量のデータを取り、気象データについては、平均値に対して傾向と割合によって、農業生産物の収穫量については、収穫量の順位によって表わし、それぞれのデータの関係から基本となるファジー関数を導き出した。

気温・降水量・日照時間のそれぞれの新しいデータの平均値を基にして、傾向により符合化し、先に求めた3種類のファジー関数を用いてそれぞれ変換した。

この変換した結果を、フェイスグラフの顔の輪郭や目の大きさなど、フェイス要素部分に代入し、結果をフェイスとして出力した。

今回、気象データのファジー変換では、平均値を基に計算している。ある程度の予測は可能であったと考えられる。あいまいな情報によって予測を行なうことの適用例として示されている。

5. 参考文献

1. H. Chernoff ; The Use of Face to Represent Points in K-dimensional Space Graphically, J. Am. Stat. Assoc., (1973) pp. 361-368
2. 長江貞彦、竹本祐子、山田典昭 ; 多変量グラフ解析における改良型フェイス法、図学研究、第31号 7 (1982)
3. Vick Bruce; RECOGNISING FACES, Lawrence Erbaum Associates Ltd. 1988
4. 本田中二、杉本富利 ; フェイス法によるあいまい情報の表現、電気・情報関連学会連合大会論文集 昭62
5. 清野栄 ; ファジー逆問題の一適用、東北工業大学 卒業研修論文 (1989)