

1 目的

コミュニケーションの主要素は言葉だが、表情やゼスチャ等の非言語的な要素も重要な役割を担っている。同様に、対話者を取り巻く環境もコミュニケーションに影響を及ぼす要因となっている。寒い日の屋外での会話は短い、居心地のよいカフェならば長話になるだろう。また、発話が社会的または慣習的に制限される環境もある。図書館での会話は推奨されないし、混雑した場所ではコミュニケーションを成立させないような要請が働く [3]。

当事者同士が同じ状況下であれば、取るべき行動は互いに了承される。しかしそれぞれが離れた空間にいると、互いの状況を知ることができないため、相手の環境を考慮しての行動が取りづらくなる。たとえば電話等の通信システムでは、発呼者が混雑した空間にいる相手に一方的に発呼してしまうため、会話に不都合な環境にあっても着呼側は会話を開始してしまい、結果として社会的に反した行動を取ってしまうことがしばしば起こる。

この問題に対し、潜在的な対話相手の状況 (“awareness” 情報) を恒常的に提供するシステムが研究されている。これらシステムでは、常時接続のビデオ回線による映像 [2]、オフィスのデスク周辺の活動量 [5]、室内でのヒトの存在感 [6]、街路等周辺環境の歩行者の動き [4] といった、普段は意識されない周辺的で感覚的な情報を取り扱っている。これらに加え、awareness 情報として話者周辺の混雑度も提供できれば、コミュニケーションをより一層円滑化できるだろう。

本研究では、携帯電話のようなコミュニケーションデバイスを念頭に、通話相手周囲の空間混雑度を発呼前に提示する awareness インタフェースを検討している。状況把握のためのセンサには選択肢が多数あるが、公共の場所にサーベイランス目的で設置されたカメラが近年数を増していることを鑑み、相手空間の画像を処理することで混雑度を取得することとした。

2 動き量を利用した空間混雑度

交通や歩行者の状態を画像から得る方法は、主として ITS (Intelligent Transportation Systems) で研究されて

いる。その多くは個々の物体を誤りなく認識、捕捉、追跡する必要から複雑な計算を行っているが (e.g. [1, 8])、混雑度のように感覚的な情報には、空間全体の動き量を抽出する程度の精度で十分であろう。重要な点は、演算の結果とヒトの感じる混雑感との関係を示すところにある。

この目的のため、筆者らは 3 種類の空間 (交差点、キャンパス内の通路、広場) で異なる混雑を示す連続画像を被験者に呈示し、主観的な混雑感を回答させる評価実験を行った [7]。この実験から、交差点と通路では動き量と混雑感はおおむね良好な比例関係にあるが、広場では相関が低くなることも判った。このことはつまり、動き量から混雑度を求める場合、対象空間が何かに応じて計算結果を補正する必要があることを意味する。

呈示画像から、相関のよい交差点と通路では歩行者の流れが整然としているのに対し、相関の悪い広場では歩行者が立ち話をしたり、行きつ戻りつといった動きが多いことが判る。ここから、前者の空間では動き量がそのまま歩行者数や歩き易さを示すが、後者の空間では動き量以上に歩きにくく混雑していると感じられるために、動き量と混雑感との相関が低くなったと解釈できる。そこで本研究では、どれだけ歩行者が立ち止まるかの滞留度を空間別に求め、これで動き量を補正することにより、よりヒトの感性にあった混雑度判定方法を提案する。

3 滞留度の算出

滞留度は次のように定義した。最初に、空間全体を歩行者が通行可能な領域とそうでない領域に分ける。通行可能な領域とは、建物、柱、ベンチなどの障害物が設置されていない場所で、歩行者が恒常的に通行する空間を指す。通行可能領域内には、ある一定時間歩行者等が立ち止まっている滞留領域が含まれる。ここで滞留度 S を、通行可能領域の大きさ A_m に対する滞留領域の大きさ A_s の比 ($S = A_s/A_m$) とする。

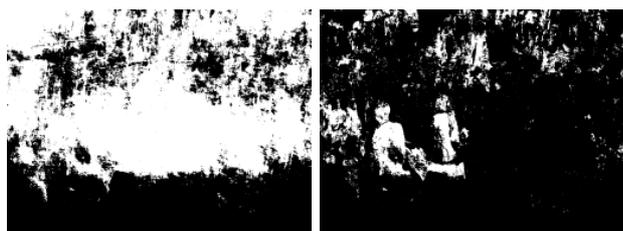
A_m を得るため、まず固定した画角で空間を長期間撮影し、画素数 N の差分画像を T_m 枚取得する。そして、これら差分画像を単純に T_m 枚加算し、この加算画像の平均輝度をもとに 2 値化した画像 P を生成する。 P 中の画素 p_i の値が 1 ならば通行可能点、0 ならば通行不可能点とみなし、 p_i が 1 である画素の数を A_m とする ($A_m = \sum_{i=0}^{N-1} p_i$)。

A_s の取得方法は A_m とほぼ同じで、固定した画角で空間を数秒間撮影をし、そこから T_s 枚の差分画像を取得

Crowdedness evaluation incorporating a degree of pedestrian's stagnation pattern.
Satoshi Toyosawa & Takashi Kawai.
Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University, Tokyo, Japan.

表 1: 滞留点判定演算

p_i	q_i	r_i	説明
0	0	0	歩行者の動きのない通行不可能点。
0	1	0	通行不可能点のはずだが、動きがある。歩行者の動き以外の輝度変化等の誤認識であるとして棄却。
1	0	1	通行可能点だが歩行者の動きがない。滞留点と判定。
1	1	0	歩行者の動きのある通行可能点。

図 1: 広場の通行可能領域 (P) と滞留領域 (R)

する。そして、差分画像の加算を経て 2 値化した画像 Q を生成する。その後、 p_i が 1 で、対応する Q 中の画素 q_i が 0 ならば、そこが通行可能だが歩行者の動きのない滞留点 r_i であるとした 2 値化画像 R を生成する。滞留点判定の演算とその解釈を表 1 に示した。 r_i が 1 である画素の数が A_s である。

S は T_s 枚の撮影に要した時間内における空間の滞留度であり、混雑状況に応じて変化する。そこで、数回の Q の撮影から得た S の平均 S_{ave} をもって、その空間特有の滞留度とする。本滞留度算出方式は単純な差分画像を元にしてしているので、環境光の変化に伴う誤認識も現われるが、 A_m を十分な時間をかけて取得し、また A_s を数多く取得すれば、平均的には問題ないと考える。

4 評価

本提案の滞留度算出方式を、2 節の評価実験で用いた 3 種類の空間を対象に次の手順で評価した。評価用の画像は、市販のデジタルカメラの連写機能を用いてフレームレート 1–2 f/sec で撮影した 16 枚 1 組の連続画像 (サイズ 1024 × 768 の JPEG 画像) で、それぞれの空間ごとに 10 組を用意したものである。いずれの組も、同じ空間を同じアングル (カメラ固定) で異なる時間帯に撮影したものである。

これら画像から、3 節で示した方法で滞留度を計算した。通行可能領域と滞留領域の画像例 (広場) を図 1 に、動き量と被験者の主観的混雑感との相関を調べた主観評価実験の結果 [7] との比較を表 2 にそれぞれ示した。

2 節で説明したように、被験者の混雑感と動き量との相

表 2: 混雑感と動き量の相関と、滞留度

空間	混雑感/動き量の相関係数	滞留度 (%)
交差点	0.957	18.14 ± 8.26
通路	0.921	21.24 ± 5.78
広場	0.708	25.14 ± 5.45

関がよい空間では滞留度は少なく、逆に相関の悪い、歩行者が立ち止まる頻度の高い空間では滞留度が高いと見積もられる。表 2 の結果は、混雑感と動き量の相関係数と本提案の滞留度の間有意傾向があることを示しており ($F = 3.04, p < .1$)、おおむねこの仮定を裏付けている。

5 まとめ

以上のように、長期間にわたって撮影した画像の差分を単純に重ね合わせることによって得られる滞留度から、その空間の歩行上の性質をおおむね判断することができる。本実験での滞留度は表 2 のように分散が大きいが、混雑度はせいぜい 5 段階評価程度の精度で示せばよいので、これで十分であると考えられる。

サーベイランスカメラから得た画像を元に混雑度を判定するには、最初にしばらく撮影をして対象空間の滞留度を測定する。その後、この滞留度で動き量に補正を加えて混雑度を算出する。混雑度を測定しつつ同じデータで滞留度を再計算していけば、精度向上も期待できる。今後は、滞留度による補正を加えて各種の空間を対象に評価実験を行うことで、滞留度を用いた混雑度判定方式を確立していく予定である。

参考文献

- [1] Bouchafa, S., et al.: Crowd Motion Estimation and Motionless Detection in Subway Corridors by Image Processing, *IEEE Int'l Conf. on ITS 1998*, pp. 338-343 (1998)
- [2] Dourish, B.: Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group, *ACM Proc. CHI 1992*, pp. 541-547 (1992).
- [3] Hall, E.: *The Hidden Dimension*, Doubleday (1966)
- [4] Ishii, H., et al.: Pinwheels: Visualizing Information Flow in an Architectural Space, *ACM Proc. CHI 2001*, Extended Abstract (2001).
- [5] Lee, A., et al.: Sensing Activity in Video Images, *ACM CHI 1997 Late Breaking/Short Talks* (1997)
- [6] 宮島 麻美, et al.: つながり間通信 - 離れて暮らす家族を対象とした社会実証実験, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002*, pp. 565-568 (2002)
- [7] 豊沢 聡, 河合 隆史: フレーム間差分を用いた空間の混雑度判定, *映情メ年次大会 2004*, 3-8 (2004)
- [8] 安富 敏, et al.: 歩行のリズムに基づく歩行者検出の一手法, *信学論 J78-D-II, No. 4*, pp. 608-617 (1995)