

L1 ノルム誤差と平滑化 L0 ノルム正則化を用いた畳み込み型辞書学習

(久留米高専 専攻科 機械・電気システム工学専攻¹, 久留米高専 制御情報工学科²)○熊本楓¹・黒木祥光教授²・松尾信之介²

キーワード：畳み込み型スパース表現, L1 ノルム誤差, 平滑化 L0 ノルム

1. 緒言

画像信号の表現方法には、従来の辞書と係数の線形結合によるもののほかに、辞書と係数の畳み込みによるものがある。このとき係数は零成分が多い、つまり疎(スパース)な係数であることが望ましい。係数の疎性はL0ノルムで定義されるが、L0ノルムは微分不可能である。そのため、微分可能なガウス関数で近似した平滑化L0ノルムによって係数の疎性を評価する。

従来は畳み込み表現による誤差をL2ノルムにより評価していたが、本研究ではL1ノルムで評価することにより、外れ値に対して頑健な辞書の学習を試みる。

2. 畳み込み型辞書学習

信号のスパース表現は、画像処理の分野において広く使用されている。一般的には、画像を重複しないパッチに切り出し、それぞれのパッチごとに辞書ベクトルの線形結合で表現する[1]。一方、畳み込み型辞書学習ではパッチに切り出さないため、画像全体を辞書と係数の畳み込みで表現する。

ある k 枚目の画素数 N の画像 \mathbf{s}_k は M 枚の畳み込み辞書 \mathbf{d}_m と係数 $\mathbf{x}_{k,m}$ の畳み込みとして次式で表される。

$$\mathbf{s}_k = \sum_{m=1}^M \mathbf{d}_m * \mathbf{x}_{k,m} \quad (1)$$

スパースな係数を得るために辞書と係数の最適化を行うが、同時に最適化することは困難なため、以下の手順に従い、片方を固定しながら交互に最適化を行う[2]。

辞書の最適化は次式で定義される。

$$\arg \min_{\{\mathbf{d}_m\}} \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{x}_{k,m} * \mathbf{d}_m - \mathbf{s}_k \right\|_2^2 \quad \text{s.t. } \mathbf{d}_m \in C_{PN} \quad (2)$$

$$C_{PN} = \{\mathbf{y} \in \mathbb{R}^N : (\mathbf{I} - \mathbf{P}\mathbf{P}^T)\mathbf{y} = \mathbf{0}, \|\mathbf{y}\|^2 \leq 1\} \quad (3)$$

ただし、式(3)はゼロパディングと正規化制約の集合である。この制約により、辞書と係数が同じ次元になり、畳み込み演算をフーリエ領域で

行列積として計算できるようになる。式(2)と式(3)を書き換えると次式が得られる。

$$\arg \min_{\{\mathbf{d}_m\}} \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{x}_{k,m} * \mathbf{d}_m - \mathbf{s}_k \right\|_2^2 + \sum_{m=1}^M i_{C_{PN}}(\mathbf{g}_m) \quad \text{s.t. } \mathbf{d}_m - \mathbf{g}_m = \mathbf{0} \quad (4)$$

ここで、第二項は指示関数であり、 \mathbf{g}_m が式(3)の制約を満たす場合0、それ以外の場合 ∞ となる。式(4)を凸最適化問題のソルバーの一つであるADMM(Alternating Direction Method of Multipliers)を用いて解く。

次に、辞書を固定して係数の最適化を行う。係数の疎性は、非零の要素の数であるL0ノルムで評価されるが、L0ノルムは微分不可能な関数であり、最適化問題を解くうえで扱いづらい。そのため、次式のガウス関数を用いた平滑化L0ノルムで近似する[3]。

$$\|\mathbf{x}\|_0 \approx N - \sum_{n=1}^N e^{-\frac{x_n^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

パラメータ σ が小さいほど式(5)の近似誤差は小さくなるため、辞書と係数の更新は σ を減少させながら行う。平滑化L0ノルムを用いた係数の更新は次式で定義される。

$$\arg \min_{\{\mathbf{x}_{k,m,n}\}} KMN - \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N e^{-\frac{x_{k,m,n}^2}{2\sigma^2}} \quad \text{s.t. } \sum_{m=1}^M \mathbf{d}_m * \mathbf{x}_{k,m} = \mathbf{s}_k \quad (6)$$

式(6)の最小化問題を確率的勾配降下法(SGD)を用いて解き、解の近似誤差を次式で評価する。

$$\arg \min_{\{\mathbf{x}'_{k,m}\}} \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left\| \mathbf{x}'_{k,m} - \mathbf{x}_{k,m} \right\|_2^2 + \frac{\lambda}{2} \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{d}_m * \mathbf{x}'_{k,m} - \mathbf{s}_k \right\|_2^2 \quad (7)$$

第一項は、 $\mathbf{x}_{k,m}$ の近くで近似誤差を小さくする解を求めるための制約項である。この制約により、畳み込み表現による誤差が0にならず、続けて辞書の更新を行うことができる。

3. 提案手法

従来手法では、L2 ノルムを用いて畳み込み表現による誤差を評価しているため、外れ値が辞書の設計に影響を及ぼす。本研究では、L1 ノルムを用いた評価を行うことで、外れ値に対して頑健な辞書の学習を試みる。

L1 ノルムで評価を行う場合、式(4)は次式に書き換えられる。

$$\begin{aligned} \arg \min_{\mathbf{d}} \|\mathbf{X}\mathbf{d} - \mathbf{s}\|_1 + \iota_{CPN}(\mathbf{d}) \quad (8) \\ \mathbf{X}\mathbf{d} = \text{IFFT}(\hat{\mathbf{X}}\hat{\mathbf{d}}) \\ \mathbf{d} = (d_1 \ d_2 \ \dots \ d_M)^T \quad \mathbf{s} = (s_1 \ s_2 \ \dots \ s_M)^T \end{aligned}$$

ここで、 \hat{X} はフーリエ領域における X を表す。さらに、ADMMを適用できる形にするために次式のように書き変える。

$$\arg \min_{g_0, g_1} \|g_0\|_1 + \iota_{CPN}(g_1) \text{ s.t. } \begin{pmatrix} \mathbf{X} \\ \mathbf{I} \end{pmatrix} \mathbf{d} - \begin{pmatrix} g_0 \\ g_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{s} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad (9)$$

ADMMを適用すると以下の更新式に従って解が得られる。

$$\begin{aligned} \mathbf{d}^{(j+1)} = \arg \min_{\mathbf{d}} \left\| \mathbf{X}\mathbf{d} - g_0^{(j)} - \mathbf{s} + \mathbf{h}_0^{(j)} \right\|_2^2 + \\ \left\| \mathbf{d} - g_1^{(j)} + \mathbf{h}_1^{(j)} \right\|_2^2 \quad (10) \end{aligned}$$

$$g_0^{(j+1)} = \arg \min_{g_0} \|g_0\|_1 + \frac{\rho}{2} \left\| \mathbf{X}\mathbf{d}^{(j+1)} - g_0 - \mathbf{s} + \mathbf{h}_0^{(j)} \right\|_2^2 \quad (11)$$

$$g_1^{(j+1)} = \arg \min_{g_1} \iota_{CPN}(g_1) + \frac{\rho}{2} \left\| \mathbf{d}^{(j+1)} - g_1 + \mathbf{h}_1^{(j)} \right\|_2^2 \quad (12)$$

$$\mathbf{h}_0^{(j+1)} = \mathbf{h}_0^{(j)} + \mathbf{X}\mathbf{d}^{(j+1)} - g_0^{(j+1)} - \mathbf{s} \quad (13)$$

$$\mathbf{h}_1^{(j+1)} = \mathbf{h}_1^{(j)} + \mathbf{d}^{(j+1)} - g_1^{(j+1)} \quad (14)$$

係数の最適化についても同様にL1 ノルムで誤差の評価を行う。

$$\arg \min_{\mathbf{x}'_k} \frac{1}{2} \|\mathbf{x}'_k - \mathbf{x}_k\|_2^2 + \lambda \|\mathbf{D}\mathbf{x}'_k - \mathbf{s}_k\|_1 \quad (15)$$

$$\mathbf{D}\mathbf{x} = \text{IFFT}(\hat{\mathbf{D}}\hat{\mathbf{x}})$$

$$\mathbf{x}_k = (x_{k,1} \ x_{k,2} \ \dots \ x_{k,M})^T \quad \mathbf{x}'_k = (x'_{k,1} \ x'_{k,2} \ \dots \ x'_{k,M})^T$$

さらに、ADMMを適用できる形にするために次式のように書き変える。

$$\arg \min_{\mathbf{x}'_k} \frac{1}{2} \|\mathbf{x}'_k - \mathbf{x}_k\|_2^2 + \lambda \|\mathbf{y}_k\|_1 \text{ s.t. } \mathbf{D}\mathbf{x}'_k - \mathbf{y}_k = \mathbf{s}_k \quad (16)$$

ADMMを適用すると、以下の更新式に従って解が得られる。

$$\begin{aligned} \mathbf{x}'_k{}^{(j+1)} = \arg \min_{\mathbf{x}'_k} \frac{1}{2} \|\mathbf{x}'_k - \mathbf{x}_k\|_2^2 + \\ \frac{\gamma}{2} \left\| \mathbf{D}\mathbf{x}'_k - \mathbf{y}_k^{(j)} - \mathbf{s}_k + \mathbf{u}_k^{(j)} \right\|_2^2 \quad (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_k^{(j+1)} = \arg \min_{\mathbf{y}_k} \lambda \|\mathbf{y}_k\|_1 + \\ \frac{\gamma}{2} \left\| \mathbf{D}\mathbf{x}'_k{}^{(j+1)} - \mathbf{y}_k - \mathbf{s}_k + \mathbf{u}_k^{(j)} \right\|_2^2 \quad (18) \end{aligned}$$

$$\mathbf{u}_k^{(j+1)} = \mathbf{u}_k^{(j)} + \mathbf{D}\mathbf{x}'_k{}^{(j+1)} - \mathbf{y}_k^{(j+1)} - \mathbf{s}_k \quad (19)$$

4. 実験

画素値の平均が0になるように前処理を行った学習用画像、 512×512 画素の8bit グレースケール画像5枚に対して辞書学習を行った。辞書は 8×8 画素のものを64枚用意し、初期値は標準正規分布による乱数で与えた。パラメータは従来手法では $\mu = 1, \lambda = 0.1, \rho = 0.1$ 、提案手法では $\mu = 1, \gamma = 10, \lambda = 0.1, \rho = 1$ とした。パラメータ σ は初期値から0.9倍ずつ15回減少させた。学習用画像に使われていない検証用の画像lennaに対して、学習した辞書を適用し、結果を比較する。従来手法と提案手法のPSNRとL0ノルムの関係を図1、実際に得られた復元画像を図2に示す。

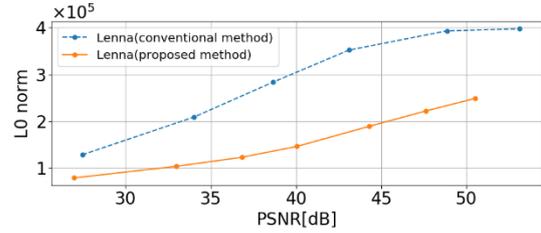


図 1: 画像 lenna における PSNR と L0 ノルム



図 2: 復元画像

提案手法ではよりスパースな係数で高いPSNRの画像を表現できていることが分かる。

5. 結び

畳み込み表現による誤差の評価にL1 ノルムを用いることで、外れ値に対する辞書の頑健性が向上し、よりスパースな係数で画像を表現することができた。今後の課題として、最適な辞書の画素数と数を求めることが挙げられる。

参考文献

- [1] J. Mairal, F. Bach, and J. Ponce, "Sparse modeling for image and vision processing"
- [2] B. Wohlberg, "Efficient Algorithms for Convolutional Sparse Representations"
- [3] H. Mohimani, M. Babie-Zadeh, and C. Jutten, "A fast approach for over complete sparse decomposition based on smoothed l0 norm"

お問い合わせ先

氏名：黒木祥光

E-mail：kuroki@kurume-nct.ac.jp

l₁誤差を用いたスパース辞書による分散圧縮符号化

(久留米高専専攻科機械・電気システム工学専攻¹、久留米高専制御情報工学科²)

○大石つぐみ¹・黒木祥光²

キーワード：分散圧縮符号化, ADMM, 辞書学習

1. まえがき

分散圧縮符号化[1]は、圧縮センシングと分散符号化で構成される符号化法である。圧縮センシングは、信号がスパース性を有すると仮定し、原信号より低い次元に変換した信号から正確な復元を可能にする。分散符号化は、連続した画像をキーフレームとノンキーフレームに分割後、ノンキーフレームをキーフレームの誤り訂正と見なし復号することにより、動き補償などの負荷がかかる演算を復号側に移す。ノンキーフレームの品質は、辞書の設計に依存する。多くの研究では、この辞書を l₂ ノルム誤差推定項と l₁ ノルム正則化項の2つの項の加重和で構成される凸最適化問題を解き設計している[1]。本研究では、外れ値に対する頑健性を高めるために、l₂ ノルム誤差の代わりに l₁ ノルムを使用する[2]。従来法は、最小化問題を解くために、ADMM (Alternating Direction Method of Multipliers) [3]を適用する。ADMM は、誤差最小化、係数ノルム最小化、拡張ラグランジュ関数の双対変数更新の3つに分かれた最適化ステップを反復することにより最適解を得る凸最適化ソルバーである。本研究では、凸最適化問題に ADMM を適用し、その過程の最小化ステップに FISTA (the Fast Iterative Shrinkage Thresholding Algorithm) [4]を適用した。

2. 分散圧縮符号化

映像信号は、1つのキーフレーム f_K と複数のノンキーフレーム f_{NK} からなる GOP (Group of Picture) に分割される。 f_K は圧縮センシングにより復元され、 f_{NK} は復元された f_K の動き補償 (MCI) により生成される補助情報 f_{SI} によって復元される。本研究では、GOP が $f_K, f_{NK}, f_K, f_{NK}, f_K, f_{NK}, \dots$ であるとし、 f_{NK} の前後の f_K によって生成された動きベクトルの半分の動きベクトルを使用し、 f_{NK} の f_{SI} が予測される。復号側では f_K と f_{NK} は、重複しないブロックに分割される。ここで f_K の復元を行うために以下の凸最適化問題を解く。

$$\hat{x} = \arg \min_x \frac{1}{2} \|y_K - \Phi_K \Psi x\|_2^2 + \mu \|x\|_1. \quad (1)$$

ここで、 $\Psi \in \mathbb{R}^{N \times N}$ は DCT 行列、 $x \in \mathbb{R}^N$ はス

パース係数、 μ は2つの項のバランスをとる重み、 $\Phi_K \in \mathbb{R}^{M \times N}$ は観測行列、 $y_K \in \mathbb{R}^M$ ($M < N$) は観測ベクトルである。観測行列は符号側と復号側の両方で共有され、 y_K のみが復号側に送信される。復号側は(1)の解 \hat{x} を推定し、復元画像 $f_K = \Psi \hat{x}$ を生成する。

f_{NK} は以下の凸最適化問題で復元される。

$$\hat{x} = \arg \min_x \frac{1}{2} \|y_{NK} - \Phi_{NK} D x\|_2^2 + \mu \|x\|_1. \quad (2)$$

ここで、 $y_{NK} \in \mathbb{R}^M$ は $f_{SI} \in \mathbb{R}^N$ のブロックに Φ_{NK} を乗算した観測ベクトルであり、 D は学習辞書である。

3. 従来法

従来法では、辞書は K-SVD アルゴリズムにより設計される[5]。しかし[6]は、ADMM を適用した辞書設計が、K-SVD での辞書設計よりも高速であるのに対し、ADMM を適用し得た辞書を使用した復元画像の PSNR 値は K-SVD の辞書よりもわずかに低いがその差は小さい。したがって、[6]と同じ方法の ADMM を適用し辞書設計を行う。このとき f_{NK} の復元を行うための凸最適化問題は次式で与えられる。

$$\min_{x, D} \frac{1}{2} \|f_{SI} - D x\|_2^2 + \mu_1 \|x\|_1. \quad (3)$$

μ_1 は重みである。ここで ADMM を適用するには、まず式(3)を x 最小化問題と D 最小化問題に分割する。

$$\min_x \frac{1}{2} \|f_{SI} - D x\|_2^2 + \mu_1 \|x\|_1 \quad (4)$$

$$\min_D \frac{1}{2} \|f_{SI} - D x\|_2^2 + i_s(D). \quad (5)$$

i_s は、 D の各列ベクトルを単位球に投影する指示関数である。解 x と D は、収束するまで交互に計算される。

4. 提案法

提案法は、l₂ ノルム誤差項を l₁ ノルムに置き換え、次の最小化問題を考える。

$$\min_{\mathbf{x}, D} \frac{1}{2} \|\mathbf{f}_{SI} - D\mathbf{x}\|_1 + \mu_1 \|\mathbf{x}\|_1. \quad (6)$$

この解法は、 l_2 ノルム誤差項を使用する従来法と同様に、式(6)を 2 つの最小化問題に分割する。

$$\min_{\mathbf{x}} \frac{1}{2} \|\mathbf{f}_{SI} - D\mathbf{x}\|_1 + \mu_1 \|\mathbf{x}\|_1 \quad (7)$$

$$\min_D \frac{1}{2} \|\mathbf{f}_{SI} - D\mathbf{x}\|_1 + i_s(D). \quad (8)$$

この 2 つの最小化問題を交互に解くために、最小化ステップに FISTA [4] を適用する[7].

5. 実験

動画画像 foreman に対して、実験を行った。式(1)の重みは $\mu=1$ 、式(2)は $\mu=0.1$ とする。また、式(3),(4),(6),(7)の重み μ_1 の値を 0.01 刻みで 0.01 から 1 に変更した。 Φ_K および Φ_{NK} は、標準正規分布によって生成されたランダム行列とする。観測行列の M, N の比を観測比 MR とし、以下のように定義する。

$$MR = \frac{M}{N}. \quad (9)$$

f_K, f_{NK} の観測比 MR は 0.5 に固定する。図 1 は、 μ_1 の値が変化した場合の従来法と提案法の平均 PSNR を示す。図 2 は、MR = 0.5 での再生画像を比較しており、提案法がより高品質の復元を実現したことを示す。図 3 は、辞書学習の際に生成された辞書を示す。

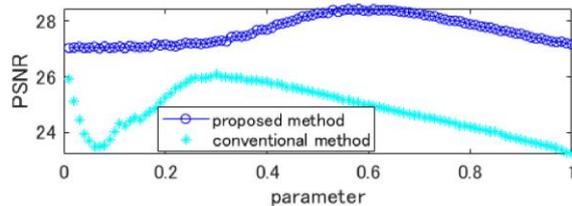
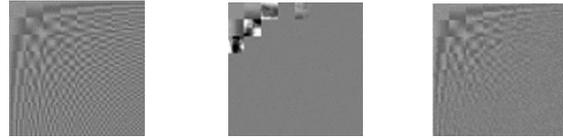


図 1. μ_1 の値の変化にともなう平均 PSNR



(a)従来法 PSNR=25.01 [dB] SSIM=0.7772
(b) 提案法 PSNR=26.85 [dB] SSIM=0.8289

図 2. 再生画像提案法 (MR=0.5)



(a)DCT (b)従来法 (c)提案法

図 3. 生成された辞書

6. むすび

本研究では、最小化問題において l_2 ノルム誤差項を l_1 ノルムに置き換えて生成したスパース辞書による分散圧縮符号化を提案した。実験の結果、提案法が従来法よりも高品質の画像を復元したことを示した。また今後の課題として、より高速で高画質な画像復元を実現する重み調整が挙げられる。

5. 参考文献

- [1] F. Tian, J. Guo, B. Song, H. Liu, and H. Qin, "Distributed compressed video sensing with joint optimization of dictionary learning and l_1 -analysis based reconstruction", *IEICE Trans. Inf. & Syst*, vol.E99-D, no.4, pp.1202-1211, 2016. DOI:10.1587/transinf.2015EDP7373.
- [2] J. Nocedal and S.J. Wright, "Numerical optimization," Springer-Verlag, 1999.
- [3] D. Gabay and B. Mercier, "A dual algorithm for the solution of nonlinear variational problems via finite element approximation", *Computers & Mathematics with Applications*, vol.2, pp.17-40, Jan. 1976. DOI:10.1016/08981221(76)90003-1.
- [4] A. Beck and M. Teboulle, "A fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems," *SIAM J. Imag. Sci.*, Vol. 2, No. 1, pp. 183–202, 2009. DOI. 10.1137/080716542
- [5] Chen, Hung-Wei, Li-Wei Kang, and Chun-S hien Lu. "Dictionary learning-based distributed compressive video sensing." 28th Picture Coding Symposium. IEEE, 2010. DOI:10.1109/PCS.2010.5702466
- [6] Y. Akiyoshi, T. Sumi, and Y. Kuroki, "Dictionary design and disparity interpolation on distributed compressed sensing for light field image," *Proc. IEEE, APSIPA*, 2017.
- [7] T. Oishi and Y. Kuroki, "An l_1 - l_1 -norm minimization solution using ADMM with FISTA." 2018 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIBMS). Vol. 3. IEEE, 2018. DOI:10.1109/ICIBMS.2018.8549934

お問い合わせ先

氏名：黒木祥光

E-mail : kuroki@kurume-nct.ac.jp

キーワード：凸最適化、核ノルム最小化、画像分類

1. 概要

近年、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) が画像・パターン認識の様々なタスクにおいて優れた性能を示している[1]。CNN を用いた画像分類タスクでは、ネットワークを訓練するために学習用データとラベルデータを要する。しかし、データとラベルがそろった状態のデータは稀であり、実世界において作成するコストが高い。よってラベルのデータを用いず、学習用データのみからそれ自身の構造を抽出するデータ駆動型の特徴設計が重要となる。従来法では主成分分析 (PCA) を基にした多層構造を持つデータ駆動型の画像特徴設計法が提案された。従来法では各層のフィルタを PCA によって設計するため、フィルタは直交し、さらにフィルタの枚数にも制約がある。本研究では、各層のフィルタの設計を核ノルム最小化問題に置き換えることによって、多層の凸最適化を基にしたデータ駆動型の画像の特徴抽出法を提案する。本手法ではフィルタの枚数に制約がなく、複数のフィルタは線形従属性を持つように学習される。また、指示関数と呼ばれる凸関数を最適化問題に組み入れることによって、多層構造特有の「符号のあいまいさ」の問題を解決することができる。実験では手書き数字の画像分類において提案法の認識率の優位性が示された。

2. 従来法

データ駆動型の画像の特徴設計法の 1 つに Saak (Subspace approximation by augmented kernels) [2] がある。この手法では各層において学習データに対して PCA を適用することで得られた主成分をフィルタとする。また[2]では、CNN の畳み込み層に適用される ReLU をはじめとする非線形の活性化関数はある正の数が正の数に正の数を乗じてできたものなのか、負の数に負の数を乗じてできたものなのか判断できないといった符号の曖昧性に対して有用であるが、ReLU では負の情報すべて 0 に修正され、情報の損失があることを指摘した。そこで S/P 変換という、符号の情報を別次元で表す変換を採用することで、符号の曖昧さも解決でき、情報の損失のない多層の特徴抽出器を提案した。

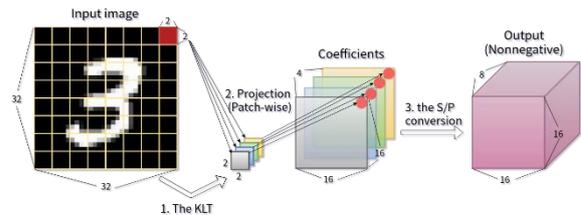


図 1 1層 Saak 変換の処理

3. 数学的準備

提案法では従来法で行っていた PCA による各層のフィルタの学習を核ノルム最小化問題に置き換える。ここで行列 $W \in \mathbb{R}^{K \times L}$ の核ノルムとは、を特異値分解した際に得られる特異値の総和であり、行列のランクの最良凸緩和である。核ノルムを最小化することによって、フィルタ同士の線形従属性が高まることが期待される。また、核ノルムについては近接写像が各特異値についてのソフト閾値処理で計算できることが知られている。[3]

多層構造における符号の曖昧さを避けるために従来法では S/P 変換を行っていた。提案法ではこの変換と同等な処理を指示関数で実現する。提案法では 2 つの指示関数を適用する。1 つ目が

$$t_{[0, \infty)}(X_{i,j}) = \begin{cases} 0 & (X_{i,j} > 0) \\ \infty & (X_{i,j} < 0) \end{cases} \quad (1)$$

で定義される係数行列の非負値性に関するもので、この関数は多層構造における符号の曖昧さを防ぐことから、ReLU 関数や S/P 変換と同等のものである。2 つ目が

$$t_{\|\cdot\|_2 \leq 1}(\mathbf{a}) = \begin{cases} 0 & (\|\mathbf{a}\|_2 \leq 1) \\ \infty & (\|\mathbf{a}\|_2 > 1) \end{cases} \quad (2)$$

で定義される指示関数で、これは各フィルタのノルム制約を表す。

提案法の各層では凸関数を最適化するために Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM) [4] を用いる。ADMM は凸最適化ソルバーの 1 つで、解きたい問題

$$\arg \min_{\mathbf{x}, \mathbf{z}} f(\mathbf{x}) + g(\mathbf{z}) \quad \text{s.t.} \quad \mathbf{z} = A\mathbf{x} \quad (3)$$

について拡張ラグランジュ関数を導出しそれぞれの変数で交互に最適化することによって最適解を得る。

4. 提案法

従来法では直交するフィルタを設計するが、これは画像の特徴抽出において大きな制約になると考えられる。提案法では核ノルム正則化を行うことによって、線形従属性を持ったフィルタを設計し、画像認識の精度向上を試みる。

各層での解くべき最適化問題は

$$\arg \min_{X,W} \|Y - WX\|_F^2 + \nu_{[0,\infty)}(X) + \nu_{\|W\|_2 \leq 1}(W) + \lambda \|W\|_* \quad (4)$$

ここで、 $\nu_{[0,\infty)}$ は $\nu_{[0,\infty)}$ である。パラメータ λ はデータ忠実項と正則化項のバランスを制御する。最適化問題 (4) は 2 つの変数を持つため、同時に最適化することは難しい、そのため 2 つの凸最適化問題に分割し、これらの問題を ADMM によって交互に繰り返し解くことで最適解を得る。

$$\arg \min_X \|Y - WX\|_F^2 + \nu_{[0,\infty)}(X) \quad (5)$$

$$\arg \min_W \|Y - WX\|_F^2 + \nu_{\|W\|_2 \leq 1}(W) + \lambda \|W\|_* \quad (6)$$

5. 実験

従来法と提案法を比較するために、MNIST データセットによる画像分類を行った。6000 枚の訓練用画像と 1000 枚のテスト画像を用いて 10 クラスの分類精度を算出した。両手法ともに分類器として Support Vector Machine (SVM) を用いた。

訓練段階ではまず、訓練用画像を用いて (5) (6) を交互に解くことでフィルタを設計する。次にすべての層で得られた係数に対して (6) で定義される f 値によってどの係数を分類に用いるかの選択を行う。最後に SVM を学習させる。

$$f = \text{クラス間分散} / \text{クラス内分散} \quad (7)$$

検証段階ではまず、テスト用画像についての係数を、訓練済みのフィルタを用いて計算する。次に、 f 値による係数選択を行う。最後に SVM で分類を行い精度を算出する。

すべての実験において、5 層の特徴抽出モデルを使用し、各層では 3、4、7、6、8 枚のフィルタを学習する。また、パッチの空間サイズは 2×2 とし、 f 値による係数選択は 3 2、6 4、…、5 1 2 と 3 2 刻みで行った。

図.2 に実験結果を示す。結果から、特徴ベクトルの次元が 3 2 を除くすべてのケースにおいて提案法の認識率が高くなった。

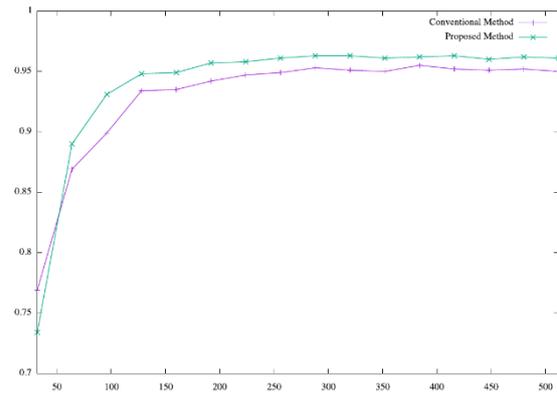


図 2 実験結果 (横軸：特徴ベクトルの次元、縦軸：分類精度)

6. むすび

本研究では従来の PCA を基にした多層の画像特徴設計に代わって、各層で核ノルム最小化問題を解く、凸最適化問題を基にした新たな画像特徴設計法を提案した。提案法では線形従属性を持つフィルタを柔軟に設計することができ MNIST における画像分類タスクで優位性が示された。他のデータセットでの評価や他の正則化による手法との比較が今後の課題である。

7. 参考文献

- [1] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 5 2015, doi: 10.1038/nature14539.
- [2] C.-C. J. Kuo and Y. Chen, "On data-driven saak transform," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 50, pp. 237 – 246, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2017.11.023>.
- [3] H. H. Bauschke, R. S. Burachik, and P. L Combettes, eds. "Fixed-Point algorithms for inverse problems in science and engineering," vol. 49. Springer, 2011..
- [4] S. Boyd, N. Parikh, E. Chu, B. Peleato, and J. Eckstein, "Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers," *Foundations and Trends® in Machine Learning*, vol. 3, no. 1, pp. 1–122, 2011, doi: <http://dx.doi.org/10.1561/22000000016>. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1561/22000000016>

お問い合わせ先

氏名：黒木祥光

E-mail：kuroki@kurume.kosen-ac.jp

アドホック・セルラ方式における端末の 移動と密度を考慮した通信トラヒック特性の解析 (長岡高専専攻科電子機械システム工学専攻)

○山内 剛・樺澤 辰也

キーワード：アドホック・セルラ方式，端末の移動，呼損率，通信トラヒック特性

1. 緒言

現在においても移動通信トラヒックは上昇傾向にあり，この1年間で1.2倍もの増加があると報告されている．しかし，通信に使用できる周波数は有限であり，端末が多く集中する災害時のようなイベントでは繋がらないことが頻繁に生じる．このような問題の解決策として提案されているシステムとして，既存のセルラ方式に直接通信を導入したアドホック・セルラ方式がある．この方式では，直接通信が可能ならば，1チャンネルのみを使用した通信が可能となる．本研究では，単一セル内に2つの避難所がある災害地をモデルとして，上記システムを適用した場合，一定のサービス量を満足させるような周波数チャンネル数の導出を理論的並びにシミュレーションにより行う．

2. 解析モデル

図1に解析モデルを示す．サービスエリアを半径200mのセルとし，その中心に基地局が存在するものとし，一様分布に従うように拡散場所となる端末の自宅を設置する．セル内には避難所となる集中場所が2箇所存在し， y 軸対称にそれぞれ P_{R1} ， P_{R2} とした．

次に移動モデルについて説明する．図中にあるエリアAに存在する端末は P_{R1} へ，エリアBの端末は P_{R2} へ移動するものとする．すべての端末は初め自宅に存在し，ある滞在時間経過後，避難所へ一定速度で移動する．そこでもある滞在時間経過後，自宅へ一定速度で移動する．以降，その移動を繰り返すものとする．

通信モデルについて説明する．呼が生起したとき，端末間距離が直接通信可能距離 d 以下の場合，1チャンネル使用し直接通信を行い，それ以外の場合は，2チャンネル使用し基地局を介した間接通信を行う．尚，直接通信中に端末間距離が d を超えた場合，通信が切断され，通信終了と扱う．また，通信が要求された際，必要な回線が不足している場合，呼損となる．

3. 解析方法

解析には，次に示す値を用いた．エリアA，Bの端末台数はそれぞれ250台とした合計500台．端末の移動速度 $v=1.5$ m/s．生起呼量 $a_0=15$ erl．呼の寿命は平均保留時間 $h_0=90$ s，集中場所と拡散場所での滞在時間は平均 $t_{m0}=3$ h， $t_{m1}=1$ hの指数分布に従うものとした．

理論解析にあたって，呼の生起時における送受信端末位置から直接通信確率を算出し，そこから各チャンネル数における平均呼損率を導出することで行った．

4. 結果とまとめ

図2に $d=50$ mとしたときのシステム全体に割り当てられたチャンネル数に対する平均呼損率を示す．特に，移動経路で生起した呼は直接通信もしくは間接通信を行うものと仮定し，それぞれの解析結果をtheory(direct)，theory(indirect)に示した．

解析結果より，この解析モデルで平均呼損率5%のサービスを保つためには，チャンネル数は34本必要であることが分かった．

シミュレーションと理論値との若干のずれは理論計算では強制切断を考慮していないことが原因であると考えられる．

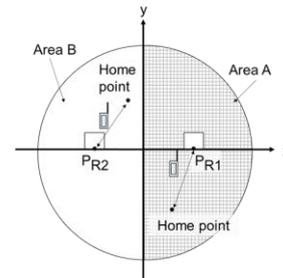


図1 解析モデル

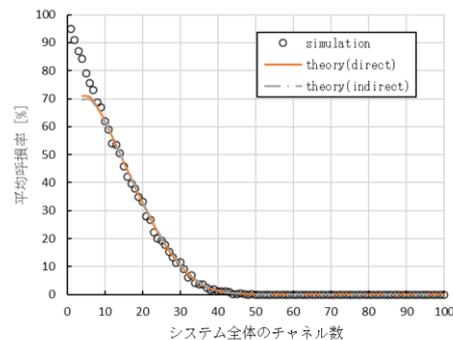


図2 $d=50$ m時のチャンネル数に対する平均呼損率

お問い合わせ先

氏名：樺澤辰也

E-mail：tkaba@nagaoka-ct.ac.jp

エリア放送による地域情報発信のための マッシュアップ型放送コンテンツ自動生成システム

(仙台高専 情報ネットワーク工学科¹ 仙台高専 総合工学科²)

○渡邊映月¹・濱田啓裕¹・増田拓也¹・脇山俊一郎²

キーワード：エリア放送、気象情報、交通情報、放送システム、マッシュアップ

1. はじめに

仙台高専広瀬エリア放送(JOXZ2CM-AREA)は、教育研究を主な目的として設立された地上デジタルテレビ放送である。教育研究以外にも地域住民に向けた地域情報提供への有用性が考えられるが、その為には地域住民に求められる情報をタイムリーかつ低コストで提供するシステムが必要となる。

本研究では、図1のように主にWeb上で得られる気象・交通・鉄道情報などの地域情報やカメラ映像等の複数の情報源を用いて、自動的に放送コンテンツを生成するマッシュアップ型のシステムの開発を行う。



図1 エリア放送で実現したい地域情報発信

2. 地域情報発信システム概要

構築する地域情報発信システムの概略を図2に示す。ここで、地域情報収集システムはインターネットを通じた公開情報収集とデータベースへの格納、カメラ画像配信システムはネットワークカメラ等を利用した画像・映像配信を行う。最後に放送コンテンツ生成・送出システムが収集した情報から実際に放送するコンテンツを生成し、エリア放送設備へ送出する。

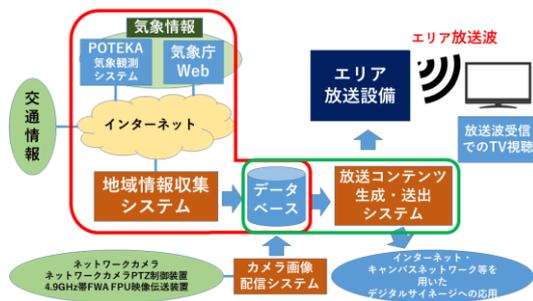


図2 地域情報発信システム概略図

今回は主に気象情報を対象とした地域気象情報収集システムとコンテンツ生成送出システムの構築について述べる。

3. 気象情報の収集と放送コンテンツ生成

気象情報の情報源は、気象観測値(温度・湿度等)は本校で観測を行っている気象観測システム POTEKA の Web-API、気象画像(天気図・降水分布図等)は気象庁 HP を用いた。

図3に、考案した最新の気象情報を発信する画面構成を示す。画面構成左側に気象観測値、右側に様々な気象画像を時間で切り替えて表示するように構成した。

情報の取得はNode.jsのrequestモジュールを使用し、DBにはMongoDBを選択した。DBから情報を取り出し、Node.jsのフレームワーク Express とテンプレートエンジン ejs を用いてコンテンツ生成部を実装した。



図3 作成した放送画面と構成

4. おわりに

マッシュアップ型放送コンテンツ自動生成の基本的実装の確認は出来たが、時間的変化のある放送画面のスケジューリング生成・送出は未実装となっている。交通情報やネットワークカメラ画像の利用、DB蓄積情報の効果的な活用等も含め、順次設計・実装を進める。

お問い合わせ先

氏名：脇山俊一郎

E-mail : wakiyama@sendai-nct.ac.jp

(熊本高専 人間情報システム工学科¹, 電子情報システム工学専攻²)○穴井日菜¹・永田雄大²・釘崎翔次²・佐々未央²・益田麗美²・孫寧平¹

キーワード：モーションセンサ，動き識別，機械学習 K 近傍法

1. 背景

スポーツでは歩幅や跳んだ時の高さは自分にとっての最適があるが，調子が悪いときに改善点を自分で判断したり，良い結果が出た時に過去と比べてどの点が良かったのかを一人で認識したりするのは困難である．そこで，本システム FormTube ではモーションセンサを用いて競技者の動きのデータを取得し，競技に対してデータの分析を行うことを目的としている．

今回はその第一歩として，モーションセンサから被験者の動きのデータを取得してデータベースに登録し，それらのデータの特徴量データを教師データとして，テストデータの特徴量データについて動きと被験者の識別を行った．

2. 使用するセンサ

図1に示す ATR-Promotions 社の「TSND121」を用いた．センサ表面に記載してある向きの3軸情報を Bluetooth で取得できる充電型ワイヤレス多機能センサである．測定可能な加速度範囲は±2G～±16G，測定可能な角速度範囲は±250dps～±2000dps，最大サンプリング周波数は1000Hzとなっている．



図1 センサ

3. 測定方法

全部で9個のセンサを図2のように身体の決まった部位に装着し，モーションを記録する．データはパソコンに csv 形式で保存される．

図3の web ページでモーションの種類，被験者，その動きの評価を選択してセンサ別に csv ファイルをサーバにアップロードする．データの情報はデータベースに登録される．

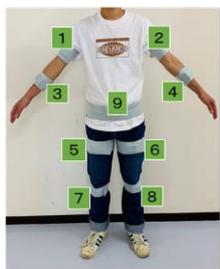


図2 センサ装着

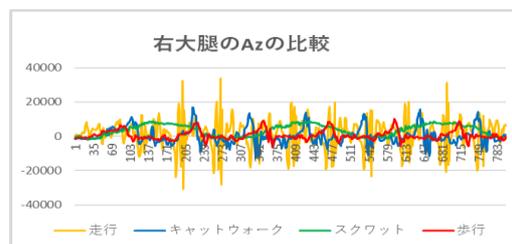


図3 データベース登録

4. 動きの識別

行ったモーションは，歩行・走行・スクワット・

キャットウォークの4種類である．動きの主な要素である右大腿と右下腿を結合したデータを用いる．その中で進行方向の加速度 A_z と足の振り上げを行う回転軸の角速度 ω_y について特徴量を算出する．例えば，右大腿の A_z について，図4のように動きごとに波形の特徴は異なる．

図4 右大腿の A_z の比較

特徴量の算出からテストデータの動きの決定までの流れを説明する．

まず，右大腿と右下腿を結合したデータについて，データ350個×2(1歩分)の窓を50個ずつスライドさせ，標準偏差・最大値・最小値から成る特徴量ベクトル $sdmm$ を計算する．

次に，計算した特徴量データ $sdmm$ について，教師データとテストデータとのユークリッド距離の総和を求める．以下の式で求められる．

$$s = \sum_{n=1}^n \sqrt{(x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

S : ユークリッド距離の総和

n : データの総数

※ $1 \leq i \leq n$

x_i : テストデータの数値

y_i : 教師データの数値

最後に，教師データを，テストデータとのユークリッド距離が小さい順に並べ，上から5つの教師データの多数決によって動きを決定する．

5. 検証

今回は動きと被験者の認識率について検証を行った．結果としては，同じ動き・同じ被験者のデータ数が3つ以上ある項目に関してほぼ100%の認識率が得られた．しかし $k=5$ の多数決を行っているためデータ数が3以下の項目については今後データを増やす必要がある．

お問い合わせ先：

熊本高専人間情報システム工学科

孫寧平 教授

E-mail: sningping@kumamoto-nct.ac.jp

C-07 積極的な情報提供を促すヘルスケア情報共有手法の設計

(仙台高専専攻科情報電子システム工学専攻¹、仙台高専総合工学科²)

○本田光来¹・高橋晶子²

キーワード：自動交渉，エージェント

1. はじめに

ウェアラブルデバイスなどにより、利用者の睡眠時間や歩行時間といった健康状態に関する情報(以降、ヘルスケア情報と記述する)を収集し、この情報を分析することで有益な情報が得られる可能性があり、さらなるサービスの展開が期待される。しかし、ヘルスケア情報には秘匿性が高い個人情報が多く含まれるため、情報提供者は情報提供に対し消極的になり、質の高い情報を多く収集することは困難である。そこで、本研究では、質の高いヘルスケア情報を多く収集するため、情報提供者の意思を考慮して積極的な情報提供を促すヘルスケア情報共有手法の設計について述べる。

2. ヘルスケア情報共有手法の設計

2.1. インセンティブ付与による情報収集

ポイント等のインセンティブ付与により、情報提供や行動変化を促進する手法がある^{[1][2]}。情報提供者が提供するヘルスケア情報の有用性は各データ収集者によって異なり、情報の価値は時間により変化することからインセンティブ量を一律に決定することはできない。そこで、情報提供者が提供するヘルスケア情報の価値および機微度を考慮しつつ、情報提供者が満足するインセンティブを付与することで、秘匿性の高い情報の提供を促す。また、情報提供者とヘルスケア情報共有システム間に、エージェントによる自動交渉を用いることで付与するインセンティブ量を決定する。

2.2. 情報価値決定エージェントと自動交渉

提供されたヘルスケア情報の有用性は、データ収集者により異なるため、付与してもよいと考えるインセンティブの量も変化する。データ収集者側は、データの有用性や情報提供者の属性など、即時的に評価できる要因に基づいてインセンティブ量を付与する。

情報提供者は自身の提供するヘルスケア情報の機微度を抑えつつ高い効用を得たい意思を持つ一方、データ収集者は有用な情報を低コストで得たいという要求を持つ。各エージェントは、これらの意思を反映した効用関数を用いて自動交渉を行うことで、双方の意思を考慮したインセンティブの付与を実現する。

3. ヘルスケア情報共有システム

本研究で提案するヘルスケア情報共有機構の概要を図1に示す。ヘルスケア情報共有機構

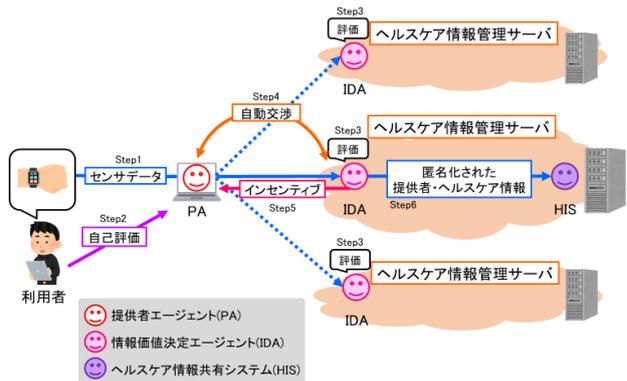


図1 ヘルスケア情報共有機構の概要

は提供者エージェント(PA)、情報価値決定エージェントとヘルスケア情報共有システム(HIS)から構成される。ヘルスケア情報共有機構は以下の流れに従って動作する。

- (1) PAが利用者のヘルスケア情報を取得
- (2) 利用者はヘルスケア情報の自己評価をIDAに送信
- (3) IDAが情報の優良度と自己評価を基に情報の評価を算出
- (4) PAは、情報の価値を最も高く評価したIDAと自動交渉を行い、効用を算出
- (5) IDAが算出した効用を利用者に付与
- (6) PAが匿名化したヘルスケア情報をHISに送信

4. おわりに

本研究では、ヘルスケア情報共有のために積極的な情報提供を促すため、自動交渉を用いたヘルスケア情報価値決定手法を提案した。今後は、提案手法の詳細設計を進める。

参考文献

- [1] 厚生労働省(2016)「個人の予防・健康づくりに向けたインセンティブを提供する取り組み事例」
<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-12401000-Hokenkyoku-Soumuka/0000124573.pdf> (参照 2018-11-21)
- [2] 松下宗洋,原田和弘,荒尾孝:運動行動の動機づけに効果的なインセンティブ,日本健康教育学会誌,22巻1号(2014)

お問い合わせ先

氏名：高橋晶子

E-mail：akiko@sendai-nct.ac.jp

(仙台高専専攻科情報電子システム工学専攻¹、涌谷町国民健康保険病院²)○小室優香¹・高橋晶子¹・関隆志²

キーワード：中医学，問診票，電子化

1. はじめに

近年、医療現場において生活習慣の改善などを行う予防医学の需要が高まっている^[1]。その一種である中医学は、患者の自覚症状から病状の観察を行い、心身の状態を示す「証」を特定し、鍼灸や生薬を用いることで身体の内側から治療を行う。しかし、中医学では同じ症状であっても患者の身体や体質を考慮して一人一人異なった治療をする必要があり、診断には多くの知識と経験が要求される。また、医師の五感によって患者の状態を判断するため、その診断結果は医師によって異なる場合が多い。このように、中医学の診断は確立された方法が明示されておらず複雑なことから、経験の少ない医師が適切な診断を行うことは困難である。そこで本研究では、中医学に関する知識や診断方法を共有するシステムを用いた中医学における医師の診断の支援を目的とする。

2. 問診票の電子化

中医学では病気の性質や状況を診断するために四診を用いる。その中の一つである問診は、患者と対話を行うことで体調や生活習慣、治療経過などの情報を把握する。その際、多忙な医師が対話することの代わりに問診票が用いられる。しかし、中医学の診断で使用される問診票はA3用紙8枚に1000を超える項目が記載されている^[2]ため、医師が問診情報の管理を行う際の負担が大きく、患者にとっても回答にかかる負担が大きい。そこで、問診票の電子化を行うことで問診情報の管理を容易にし、患者の回答の手間が減るような問診情報管理システムを作成する。

3. 問診情報管理システム

患者は電子機器を用いてWebページ上の問診票に氏名や症状を入力する。入力完了後は問診情報がデータベースへ送信され、患者別に管理される。本システムは問診情報入力画面と問診情報閲覧画面の2つからなる。各画面の詳細は以下の通りである。

• 問診情報記入画面

図1に問診情報記入画面を示す。カテゴリごとに質問が分類されており、カテゴリ名を選択することで質問を切り替えることができる。入力は入力フォーム、ラジオボタ

問診票

図1 問診情報記入画面

ン、チェックボックスの3種類の方法を用いる。記入完了後は「全項目記入完了ボタン」を選択することでデータベースへ問診情報を送信する。

• 問診情報閲覧画面

データベースに登録されている問診情報を患者別に閲覧できる。患者別のページでは記入のあった問診内容についてのみ表示し、問診内容はカテゴリごとに表示を行う。

4. おわりに

本稿では、中医学における医師の診断の支援を目的とした問診票の電子化について述べた。今後は病院で本システムを患者に使用してもらい、問診情報の収集を行う。また、WebページのUIの改善を行い、年齢や性別を問わず誰でも操作が容易なシステムの構築を目指す。

参考文献

- [1] 内閣官房 健康・医療戦略室(2017)「健康・医療戦略」
- [2] 関隆志(2010)「中医学伝統医学 問診表」

お問い合わせ先

氏名：高橋晶子

E-mail：akiko@sendai-nct.ac.jp

中医学診断支援システムにおける 証候補抽出手法の設計

(仙台高専情報システム工学科¹, 仙台高専総合工学科²,

涌谷町国民健康保険病院³)

○高橋唯¹・太田遥人¹・齋藤陸¹・力武克彰²・関隆志³・高橋晶子²

キーワード： 中医学，データベース，診断支援

1. はじめに

医療現場において中医学を補完代替医療(CAM)として使用するなど、中医学の需要が高まっている[1]。中医学は患者の自覚症状だけでなく、体質や生活習慣、環境、気候など様々な要因を考慮した四診という診断法を用いて、診断した結果(証)に応じた治療を行う必要がある。そこで、問診から証を特定するための問診票[2]の検討が行われている。しかし、問診票の管理や問診票を用いて診断を行う際の問診情報の整理は熟達した医師にとって負担が大きい。従って、熟達した医師の負担を軽減しつつ、診療経験の少ない医師の診断を支援する枠組みが必要である。そこで本研究では、問診票における問診情報から患者に該当する証候補を抽出する手法を提案する。

2. 証候補抽出手法

証候補抽出手法の概要を図1に示す。本手法は電子問診票機構・患者情報管理機構・証候補抽出機構からなる。各機構の詳細は以下の通りである。

電子問診票機構: 問診票に関する質問事項を取得し、それに対応した入力フォームを表示。患者が電子機器を用いて、必要事項を入力することで問診情報を取得。

患者情報管理機構: 患者IDに電子問診票の情報を付加することで、各患者の問診情報をデータベースで管理。証候補抽出機構で抽出された証候補情報についてもデータベースで管理。

証候補抽出機構: データベースに保存された患者の問診情報を用いて患者に該当する可能

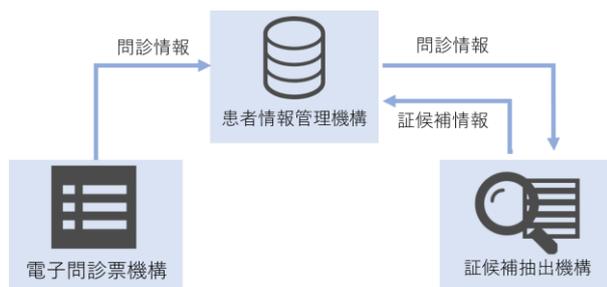


図 1. 証候補抽出の概要

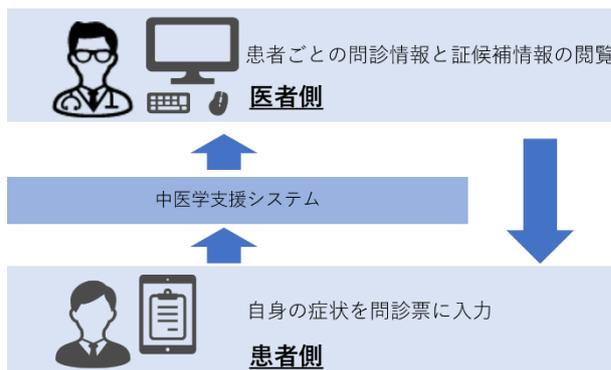


図 2. ユーザの利用手順

性のある証を抽出。抽出した証候補ごとに証の名称とその証の原因となる問診情報をリスト化し、データベースに登録。

また、ユーザの利用手順を図2に示す。患者は電子問診票に症状の入力を行う。入力された問診情報を用いて、患者に該当する証候補の抽出を行う。医師は患者ごとに問診情報と証候補情報を閲覧が可能であり、それらを用いて診断を行う。

3. まとめ

本稿では、熟達した医師の負担を軽減しつつ、診療経験の少ない医師の診断を支援することを目的とし、問診情報から患者に該当する証の候補を抽出する手法を提案した。また、電子問診票機構の実装を行った。今後は、残る2つの機構についての検討、実装を行う。

参考文献

- [1] 厚生労働省「薬事工業生産動態統計調査: 結果の概要」
(<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/105-1c.html>) (2018-11-07)
- [2] 関隆志, 『中医学伝統医学 問診表』, 東北大学病院漢方 内科, 2010

お問い合わせ先
氏名: 高橋晶子
E-mail: akiko@sendai-nct.ac.jp

チームの特性に応じた 陸上競技の記録管理手法の設計

(仙台高専情報システム工学科¹、仙台高専総合工学科²)

○岩城未紅¹・東畑陽介²・高橋晶子²

キーワード：記録管理，評価診断，内省，陸上競技，

1. はじめに

多くの陸上競技選手はトレーニング内容や体調などの情報を継続的に記録することで^[1]、目標を設定し、適切な練習を行う。選手自身が自己管理を行うことで、競技力向上にも繋がる。特に、タイムは数値として示されるため、選手自身が自分自身の状態を把握することが可能である。しかし、日々測定した記録を管理することは選手にとって負担となり、時間も要するため、選手が使いやすい記録管理の手法が求められる。そこで本研究では、陸上競技に取り組む選手とそのチームに向けた練習の支援を目的とし、個々のチームの特性に応じ、練習中に測定した記録の管理及び共有を容易に可能とし、トレーニング経過の評価診断や内省の一助となる記録管理手法を提案する。

2. 陸上競技の記録管理手法

本研究で提案する陸上競技の記録管理手法の概要について図1に示す。実装する機能については以下の通りである。

- ① 管理アカウント作成機能
チームで記録管理のために利用する管理アカウントを作成。管理アカウント毎に記録の管理、共有を行う。以下の②～④の機能が利用可能。
- ② 記録入力機能
練習メニューの名前を設定し、日付や本数等必要な情報を入力することで記録入力画面を表示。その後、その場で測定したタイム記録を入力し、保存。一度メニュー名を設定すると、2回目以降はそのメニュー名を選択することが可能。
- ③ 記録閲覧機能
過去に保存した記録を表示。表示方法は日付、メニュー名、個人名に分類。
- ④ 個人アカウント管理機能
個人アカウントを作成することで測定した記録を個人ごとに管理。また、他端末で個人アカウントにログインすることで②記録入力機能と③記録閲覧機能を利用することが可能。

3. 陸上競技の記録管理の利用手順

図2にユーザの利用手順を示す。チームごとに電子端末を所有していることを想定し、各チ

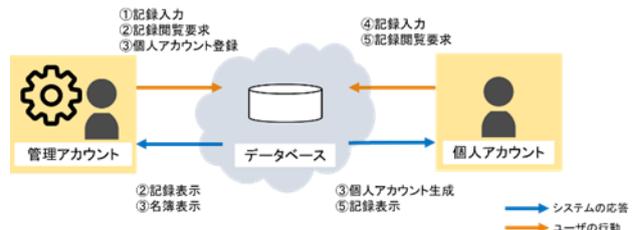


図1. 記録管理手法の概要

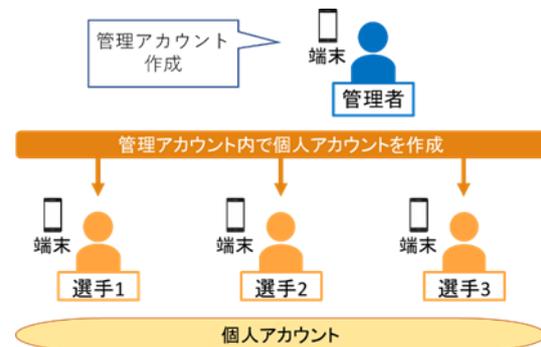


図2. ユーザの利用手順

ームで管理アカウントを作成して利用する。各チームが管理アカウントを利用することで、練習中に計測したタイムをその場で入力及び保存、閲覧を可能とする。個人アカウントは、管理アカウント内で作成することで利用可能となる。また、記録入力時、個人アカウントを選択することで記録を個別に分類し保存する。

4. おわりに

本稿では、練習中に測定した記録の管理及び共有を容易に可能とする記録管理システムの設計及びレイアウトの作成を行った。今後はシステムを実装し、実機検証を行う。

参考文献

[1]相原伸平,「競技スポーツの実践現場におけるICT活用の現状」『JISSスポーツITフォーラム2017』,国立スポーツ科学センター,2017年

お問い合わせ先

氏名：高橋晶子

E-mail：akiko@sendai-nct.ac.jp

中医学文献の デジタルトランスフォーメーションに関する研究 (仙台高専情報システム工学科¹, 涌谷町国民健康保険病院²) ○奥山真城¹・早川吉弘¹・関隆志²

キーワード：デジタルトランスフォーメーション, AI, OCR, 誤認識, 形態素解析

1. はじめに

人工知能(Artificial Intelligence: AI)による医療の自動診断の研究が急速に進んできており、解決すべき課題も指摘されているが、近い将来の医療現場でそれらが実際に使われることが予想される^[1]。しかしながら、このAI診断は西洋医学の知見が中心であり、そこにはCT、レントゲン画像や医療カルテなど様々な病気に関する情報が電子データとして蓄積されていることが、この診断の発展の一つのポイントとなっている。一方で、近年では西洋医学の中に中医学の考えを取り入れて行う「統合医療」に注目が集まっている^[2]が、この長い歴史を持つ中医学においては、医療データは文献の形で蓄えられており、AIで利用できるような電子データにはなっていない。

そこで本研究では、中医学についてもAIなどで活用できるデータを準備することが重要であると考え、この文献データに着目して、電子データに変換することを大きな目標としている。

2. 研究概要

文献の電子化にあたっては、文献内に文章による記述の他に図や写真の部分もあり、テキストや画像として抜き出す必要がある。しかしながら本研究では、文献内のテキストデータに限定した電子化から検討を始めている。AI等で活用できるデータの作成には、電子化されたテキストデータの形態素解析等の処理が要求される。具体的には、文献が紙媒体のため、スキャナを使った画像データ化、画像内の文章をOCRソフト(ABBYY FineReader 14)を使ってテキストデータ化、最後に変換されたテキストデータを形態素解析ライブラリのJanomeで解析、の手順を行うことになる。

しかし、テキストデータ化する際には文字の誤認識が頻繁に起こるため、解決する必要がある。そこで本研究では、誤認識箇所を自動検出することを目指して、誤認識の規則性に基づく検出法の検討を行っている。また、形態素解析を行う際にJanomeを採用したが、使用するライブラリには中医学の単語が登録されていないため、ユーザー辞書を準備が必要であった。この点については、漢方用語辞典^[3]に基づき準備を完了している。

癰【あい】①病が重く、うめく声。②つかれる○
暖気【あいき】証名。噓【あい】、噓気【あいき】に
その声は沈んで長く、しゃっく^リとは異なる。脾胃の虚
気が中焦で滞って上逆しておこる。又は肺気が降¹】

図1 テキストデータ変換後の誤認識

正	誤	正	誤	
。	○	リ	リ	(1) [あ-ん][ア-ン][あ-ん]
・	・	口	口	(2) [ア-ン][あ-ん][ア-ン]
⊕	@	八	ハ	(3) .{0,4}・{0,4}

図2 タイプ別誤認識の例と検出ルールの例

3. 研究結果

文献をOCRソフトにて変換したテキストデータの一部を図1に示す。黄色の箇所は変換の際に発生した誤認識箇所である。

誤認識には大きく分けて図2(a)、図2(b)の2種類のタイプが確認できた。図2(a)は記号の表記が似ているものの誤認識である。また、図2(b)は漢字との間、ひらがなの間など表記の種類が連続している時に異なる表記が出る誤認識が確認できた。図2(b)については、図2(c)の様な検出ルールを用いて中医学文献内^[2]の一部のデータ 4,538文字で誤認識の検出の検討を行った。その結果、対象文中の誤認識は121箇所に対して、図2(c)の規則に基づき検出ができたものが67箇所と約55.3%の割合で検出が可能となった。

4. 今後の課題

更なる文字の誤認識の検出率向上を目指して、検出ルールの追加を行う予定である。また、実際に誤認識した文字を正しい文字に置き換える技術も検討する必要がある。

参考文献

- [1] 土井勝美：「人工知能(Artificial Intelligence: AI)により医療の未来はどう変わる？」, 近畿大医誌 第43巻3・4号, 2018
[2] 金澤一郎：「西洋医学と東洋医学の統合」, 日東医誌 Vol. 59, 2008
[3] 創医学会術部, 大塚道子：「漢方用語辞典」, 燎原(1984)

お問い合わせ先
氏名：早川吉弘
E-mail：hayakawa@sendai-nct.ac.jp

C-12 SOM による持続性注意機能低下の評価に関する検討

(宇部高専専攻科生産システム工学専攻¹, 電気工学科²)

○加藤良平¹・三澤秀明²

キーワード：CPT, SOM, 持続性注意, 脳損傷, 損傷半球

1. 緒言

注意機能の低下は脳卒中・頭部外傷等の脳損傷患者において一般的にみられる問題である。注意機能の低下はすべての精神活動に影響するため、評価・治療を行う場合には注意機能について正確に把握する必要がある。注意機能は持続性・選択性・転換性・分配性の4つに分類される。本研究では脳損傷患者の持続性注意機能低下と損傷部位には関連性があると考え、SOMという多次元データに対してその分布を近似した特徴マップを生成するプログラムを用いてCPTの課題結果を解析し、各課題結果と損傷部位との関連性について考察することを目的とする。

2. 解析手法

2. 1 SOM

SOM(自己組織化マップ)はフィンランドの研究者、T. Kohonenの発明したニューラルネットワークの一種であり、教師なし学習を行う位相保存写像の一種である[1]。高次元の観測データセットに対し、SOMはデータ分布の位相的構造を保存しつつ低次元へ写像する。特に2次元空間へ写像する場合はデータ分布が地図のように可視化される。

3. 実験

3. 1 CPT 課題

CPT課題は、SRT課題、X課題、AX課題からなる持続性注意機能の能力を調べる事が出来るテストである。今回は最もデータ数が多かったX課題について解析を行った。X課題は、“1”から“9”までの数字が400回ランダムに呈示される。ターゲットは“7”であり、80回出現する。“7”が出現した場合のみ、出来るだけ早くキーを押す検査である。

3. 2 実験方法

実験にはプログラミング言語のPythonを用いた。SOM, U-matrixの実装にはPythonのライブラリであるSOMPYを用いて実装した。先行研究[2]で用いられた遅い反応の数、大波の数、平均、標準偏差の4つの特徴量と新たに正答率を加えた5つの特徴量を用いた解析を行った。また、データは2008~2016年の間に、14~81歳の脳損傷患者46名(男性41名, 女性4名, 不明1名)と20~39歳の健常者4名(男性3名, 女性1名)の

計50名の結果を前半後半で分けて差を取ったものを用いた。

3. 3 解析結果

図1に5つの特徴量を用いて解析した結果を、図2にそれぞれの特徴量の分布図を示す。図1について4名の健常者に注目し、今回新たに追加した正答率は4名とも100%だった。そのため、前半と後半の差はない。4名とも近くに位置しているため、その周辺の持続性注意機能は問題ないと言える。図1の下部に位置する被験者については、持続性注意機能の低下が考えられる。図2の一番右の正答率の分布に注目すると、前半後半の差がないことを示している。分布図は合っていることがわかる。また、分布図全体を見ると下部に差が大きいことが示されているので、下部は持続性注意に影響があることがわかる。今後は正答率が他の課題に対しても同様の結果が得られるかを調べる必要がある。

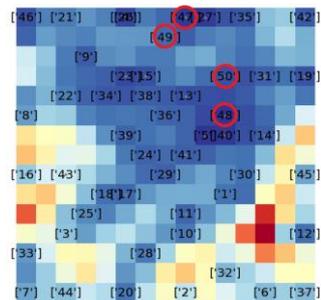


図1 5つの特徴量を用いた解析

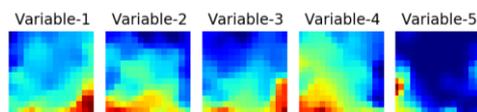


図2 それぞれの特徴量の分布図

参考文献

- [1] T. Kohonen, 2001, *Self-Organizing Maps* (3rd ed.), Springer.
- [2] 岡本 要, “SOMを用いたCPT課題結果の解析”, 宇部高専 電気工学科 卒業論文, 2017.

お問い合わせ先

氏名：三澤秀明

E-mail：misawa@ube-k.ac.jp

中医学診断支援システムにおける 情報検索手法の設計

(仙台高専情報システム工学科¹, 仙台高専総合工学科²,
涌谷町国民健康保険病院)

○太田遥人¹・高橋唯¹・齋藤陸¹・高橋晶子²・関隆志³・力武克彰²

キーワード：中医学 病態図 データベース

1. はじめに

近年、医療現場において中医学は保管代替医療としての需要が高まっている^[1]。しかし、中医学は東アジア諸国で独自に発展したため、国や医者、文献によって証に関する症状や処方する生薬は異なる場合がある。そのため中医学の診断には診断した結果(証)と症状を結び付けるための多くの知識と経験が必要である。従って、適切な診断は熟達した医師でなければ困難であり、中医学において診療経験の少ない医師の診断を支援する仕組みが必要である。以下、診断に必要な証に関する情報である証名、証の概要、証に現れる症状、治療法、方剂例等を「証情報」と呼ぶ。また、問診から証を診断する過程で医者は図1に示す「病態図」を作成する。これは問診表から得た患者の症状とそれに結び付く証の因果関係や、その証が引き起こす他の証の関係を図で表現したものである。これにより、患者の状態が明確になる。

そこで本研究では、病態図作成の支援として問診情報から適切な証の抽出が行えるよう、証情報の検索・利用手法を提案する。

2. 提案手法

本研究の提案手法は、図2のようなUI部・認証機構・証情報検索機構・証情報データベースからなる。図2に示す各機構を以下に示す。

証情報データベース：中医学書^[2]などの文献から証情報を抽出し、格納する。

証情報検索機構：証情報データベースにアクセスし、ある症状が引き起こすとされる証の検索を行う。UI部から検索対象である症状の情報を受け取り、検索結果を証情報として返す。

認証機構：本システムの盗用を防ぐため、証情報検索機構にアクセス制限を行う。認証情報

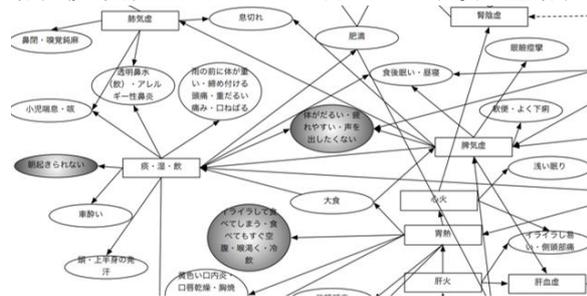


図1 病態図

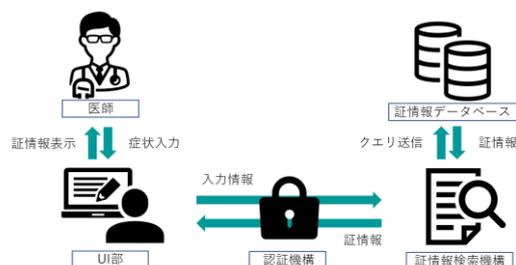


図2 システム構成図

の入力はUI部から行き、認証がされた場合、証情報検索機構にアクセスが可能となる。

UI部：利用者に検索フォーム・認証フォーム・検索結果表示機能を提供する。検索フォームには患者の症状を入力する。入力された症状の情報は、検索機構部へと送信され、受信した証情報を検索結果表示機能にて表示する。また、認証フォームから認証情報の入力が行える。端末の種類に依存せず利用できるよう、Webアプリとする。

3. 進捗状況

認証機構の実装を行った。利用者は先にユーザー名、パスワード、メールアドレスの登録を行い、ユーザーを作成する。そして、UI部からユーザーのユーザー名、パスワードを入力することにより、サインイン状態となり、証情報検索機構にアクセスが可能となる。

4. まとめ

本研究は中医学において医師の診断を支援することを目的とし、症状から適切な証を選択できるように証情報を利用・検索できるシステムを提案した。今後はデータベースの拡充や、証情報検索機構の設計、実装に取り組む。

参考文献

- [1] 厚生労働省 「薬事工業生産動態統計調査：結果の概要」 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/105-1c.html>) (2018-11-07)
- [2] 森雄材, 「漢方・中医学臨床マニュアル-症状から診断・処方へ」 医薬薬出版株式会社, 2004, 459p

お問い合わせ先
氏名：力武克彰

E-mail：yoshiaki@sendai-nct.ac.jp

ビニルハウスの側面自動開閉を利用した 水稲育苗システムの開発

(仙台高専機械システム工学科¹, 仙台高専総合工学科²)

○佐藤 航¹, 本郷 哲²

キーワード：米，農業，ビニルハウス

1. 緒言

種まきから田植えまで、水稲の育苗は一般的にビニルハウス内で行われ、温度や湿度の管理は、ビニルハウスの側面を開閉することにより行われる。最大の注意点は、ハウス内が 43℃ 以上になると苗が枯れてしまうことである^[1]。苗焼けと呼ばれるこの被害は、著者の出身地である福島県西白河郡泉崎村においても毎年数件確認され、経営損失は甚大で 16,000 円/10a である^[2]。

本研究では、ハウス内の温度・湿度管理と灌水を低コストで自動化することにより、苗焼けなどの育苗不良を軽減するシステムを検討することを目的とする。

2. 育苗過程

種まきから田植えに至るまで、水稲の育苗は 3 つの過程に分けられ、それぞれの過程に適した温度、条件等が存在する。表 1^[3]に水稲の育苗過程と条件を示す。

Table 1 Rice growing process and condition.

工程	期間	温度	被覆資材
発芽	3 日	昼：30℃	新聞紙
		夜：15℃	
緑化	5 日	昼：25℃	マルチシート
		夜：15℃	
硬化	15 日	昼：25℃	無し
		夜：10℃	

3. ビニルハウス側面開閉機構の開発

3.1. 対象となるビニルハウス

本研究は福島県西白河郡泉崎村に設置されたビニルハウスにおいて行う。表 2 に実験用ビニルハウスを示す。

Table 2 Vinyl house for experiments.

ハウス長	20 m
ハウス幅	5 m
ハウス高	3 m
ハウス容積	220 m ³
巻上げパイプ径	19.4 mm
巻上げパイプ重量	10.8 kg
巻上げ幅	1 m
ハウス内水道の流量	3.3 × 10 ⁻⁴ m ³ /s

3.2. システムの概要

本研究では大規模な施設投資を必要とせず、従来型のビニルハウスに低コストでセンサ等を付与することによって実現する。低コストで実現するために、本研究では組み込みコンピュータシステムとして Arduino (アルディーノ) を使用する。Arduino は他のマイコンボードと比較して以下の利点を持つ。

- ・温度、湿度、風速など低価格の市販のセンサからの信号処理機能が充実している
- ・アクチュエータなどを駆動するための出力ができる
- ・安価で稼働が容易である

本研究では図 1 に示すように、温度・湿度センサから得た情報を、Arduino に取り込み、それをモータやポンプなどのアクチュエータに働きかける。

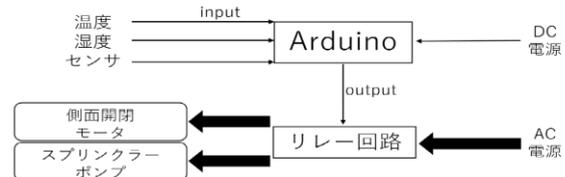


Fig.1 The image of production.

4. おわりに

本研究では Arduino を利用した水稲育苗システムについて検討した。

今後は Arduino による電源制御とシステム構築を行い、泉崎村にあるビニルハウスでシステムの動作テストを行う予定である。

参考文献

- [1] 種子扱の予措や育苗で注意したいこと <https://www.pref.chiba.lg.jp> (2019.11.22)
- [2] 水稲栽培の基礎知識 www.vill.sekikawa.niigata.jp (2019.11.22)
- [3] 大阪府立環境農林水産総合研究所 www.kannousuiken-osaka.or.jp (2019.11.7)

お問い合わせ先

氏名：本郷 哲

E-mail : hongo@sendai-nct.ac.jp

中医学診断支援システム構築に向けた 類似証抽出手法の検討

(仙台高専情報システム工学科¹, 仙台高専総合工学科²

涌谷町国民健康保険病院³)

○齋藤陸¹・太田遥人¹・高橋唯¹・高橋晶子²・関隆志³・力武克彰²

キーワード：中医学，診断支援，データベース

1. はじめに

WHO が公表している国際疾病分類第 11 版 (ICD-11) [1]において，新たに中医学などの伝統医学の分類が追加されるなど，伝統医学の需要は高まってきており，伝統医学の知識を正しく理解し，活用することが求められている．中医学では，医師は問診などから得られた患者の心身の状態や周りの環境をもとに「証」を診断し，その証に基づいて適切な治療を行う．

患者に現れる症状が同じような証でも，性質や処方が全く異なることも多く，正しく証を特定するには，考えられる証の他にその証に類似する証を念頭に置く必要がある．しかし，類似する証を考えるには多くの診療経験と中医学知識が必要であり，診療経験の少ない医師を支援する仕組みが必要である．

そこで本研究では，医師が診断した証に対して類似証を提示することを目的とし，証情報から類似証を自動で抽出する手法を提案する．

2. 類似証抽出手法

提案する類似証抽出手法は，証情報データベース・類似証抽出機構・類似証データベースからなる．本手法の構成を図1に示す．

証情報データベースには，中医学の文献を基に，証名・証の概要・証に現れる症状・治療法などの証情報を登録する．

類似証抽出機構では，証情報データベースに登録されている証に対してそれぞれ類似証を抽出し，証と類似証のペアを類似証データベースに登録する．

中医学診断支援システムは類似証データベースを用いて，医師が診断した証を元に類似証を提示する機能を持つ．診断時，医師は診断支援システムを介して，診断した証の類似証を知ることができ，診断に活用することができる．

3. 進捗状況

既に構築されている証情報データベースから類似証を抽出する手法の検討を行った．

類似証を抽出する手法の一つとして，各証の類似度を算出し，類似度の高い証を類似証と定義する手法が考えられる．証情報データベースには各証における症状が現れる箇所や症状が複数登録されている．これらの情報から

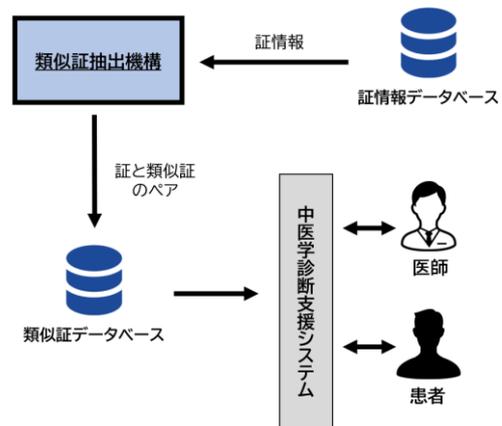


図1. 本手法のシステム構成

Jaccard 係数など集合の類似度を求め，類似度を算出する方法が考えられる．

また，中医学における証の分類を利用して同じ分類の証同士を類似証として定義する手法も考えられる．証には，表裏・寒熱・虚実・陰陽という 8 つの基本的な概念 (八綱) があり [2]，この概念に基づいて証を分類し，同じ分類の証同士を類似証データベースに登録することで類似証を抽出する方法が考えられる．

4. まとめ

本稿では医師が診断した証に対して類似証を提示することを目的とし，証情報から類似証を自動で抽出する手法を提案する．今後は類似証の抽出手法を決定し，類似証抽出機構の実装と評価を行う．

【参考文献】

- [1] WHO. "ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics", <https://icd.who.int/browse11/l-m/en> (参照 2019-12-10)
- [2] 森雄材, 「漢方・中医学臨床マニュアル-症状から診断・処方へ-」 医薬薬出版株式会社, 2004

お問い合わせ先

氏名：力武克彰

E-mail：yoshiaki@sendai-nct.ac.jp

衛星通信を学習するための教育向け モデルキューブサットの開発

(米子高専専攻科生産システム工学専攻¹、高知高専ソーシャルデザイン工学科²、AMSAT-NA 会員³、新居浜高専電気情報工学科⁴、徳山高専機械電気工学科)

○小西健太郎¹・徳光政弘¹・高田拓²・浅井文男³・若林誠⁴・北村健太郎⁵

キーワード：衛星通信、衛星管制、モデルキューブサット、マイコン、工学教育

1. はじめに

新技術実証や科学観測を行うために、超小型衛星の打ち上げと開発が大学、高専、ベンチャー企業等で活発に行われている。衛星運用において、情報通信は衛星管制や、衛星からのデータ取得のために重要である。超小型衛星の通信には主に 145MHz 帯・435MHz 帯のアマチュア無線が使われており、通信速度は最大 9600bps、通信可能な時間は最大 15 分程度と通信回線に制約が多い。そのため、衛星と地上局は限られた通信可能な時間の中で効率的に衛星管制やデータ取得を行う必要がある。

本研究では、大学・高専等で行われている超小型衛星開発の通信系と打ち上げ後の衛星管制を担う人材の育成を目的として、衛星通信の学習に特化したモデルキューブサットの開発を進めている。提案モデルは、先行研究[1]で開発されたモデルキューブサットをベースにしており、オンボードコンピュータ、各種センサ、電源、カメラ用の等の機器が搭載されている。本研究では、このモデルキューブサットに人工衛星搭載用の無線機を組み込み、必要なプログラム、制御回路の開発を行った。本稿では、開発した衛星システムの概要と各種機能等を報告する。

2. モデルキューブサットの概要



図1 モデルキューブサットの外観図

図1に提案モデルキューブサットの外観図を示す。開発したモデルは、オンボードコンピュータに Raspberry Pi 2 Model B を搭載し、センサによる計測、無線機の送信・受信の制御を行う。無線機は送信回路・受信回路の周波数をそれぞれ設定する必要があり、この設定に Arduino Uno を使用する。Arduino Uno から無線機へプログラムで周波数設定用の信号を

出力し、無線機の設定をする。また、衛星の無線機は受信機を搭載しており、衛星の外部から無線通信によりコマンド制御が可能になっている。無線機は最大 1200bps のパケット通信に対応しており、パケット通信に関する信号処理は direwolf を使用する。

3. 管制用コマンド

提案モデルは主に以下のコマンドを実装している。

- (1) CW ビーコンの送信オン・オフ
- (2) パケットによるビーコン送信オン・オフ
- (3) 画像の撮影と転送用データへの変換
- (4) 動作状況を示す LED の点灯オン・オフ
- (5) 衛星の再起動



図2 モデルキューブサットが撮影した画像

図2は、衛星がカメラで撮影した画像である。通信速度が 1200bps のため画像の解像度を 320×240 のモノクロ形式にしている。また、画像の伝送は、元の画像を分割して送信する。

4. まとめ

衛星通信を学習するためのモデルキューブサットの開発を行った。今後は、学生を対象に開発した衛星の運用教材や学習効果の評価実験を進める。

参考文献

1. 上園波輝、他：宇宙技術教育のための CubeSat 地上モデルの開発と活用実践：1. 機体開発と製作講座、工学教育、67-2、95-100、2019.

お問い合わせ先

氏名：徳光 政弘

E-mail：tokumitsu@yonago.kosen.ac.jp

受信データ群を活用した誤りを含む人工衛星 テレメトリデータの元データ推定の一考察

(米子高専電子制御工学科¹、高知高専ソーシャルデザイン工学科²、
AMSAT-NA 会員³、新居浜高専電気情報工学科⁴)

○寺西勇裕¹・徳光政弘¹・高田拓²・浅井文男³・若林誠⁴

キーワード：衛星通信、テレメトリデータ、誤り検出符号、元データ推定、探索アルゴリズム

1. はじめに

新技術実証や科学観測を行うために、超小型衛星の開発と打ち上げが大学、高専、ベンチャー企業等で活発に行われている。超小型衛星の通信には 145MHz 帯・435MHz 帯のアマチュア無線が使われており、通信速度は最大 9600bps、通信可能な時間は最大 15 分程度と通信回線に制約が多い。そのため、衛星と地上局は限られた通信可能な時間の中で効率的に通信を行う必要がある。

受信データの信頼性を地上局側で検証するために、衛星は送信データに誤り検査符号または誤り訂正符号を付加して、地上局へデータを送信する。超小型衛星の通信では誤り検出符号を用いた前方誤り訂正方式が使われることが多い。誤り検出符号を用いる方式では、地上局で受信データを検査した結果、誤りが含まれていた場合は、受信データは破棄される。

本研究では、受信データの有効活用を目的として、誤り検出符号、誤りを含む受信データから、元データ推定の可能性について評価実験する。筆者らは、これまでに短いデータ長に対しての検証実験を行った。本研究では、先行研究 [1] に対して約 10 倍のデータ長に対して、誤りを含むデータから元データを推定できるかどうかシミュレーションを行い、検証する。

2. 元データ推定手法

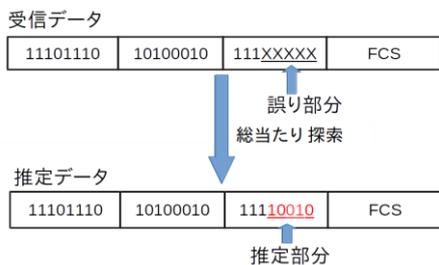


図1 元データ推定の流れ

図1に本研究における誤りを含むデータから元データを推定する流れを示す。本研究では、メッセージ部分と誤り検査情報（FCS）から構成されるフレームデータをテスト用データとする。FCSにはCRC-16を使用する。元データ推定の流れは、誤りが含まれている受信デー

タに対して、総当たりで各ビットを反転させて、FCSを計算して元データかどうか判定する。

3. シミュレーション

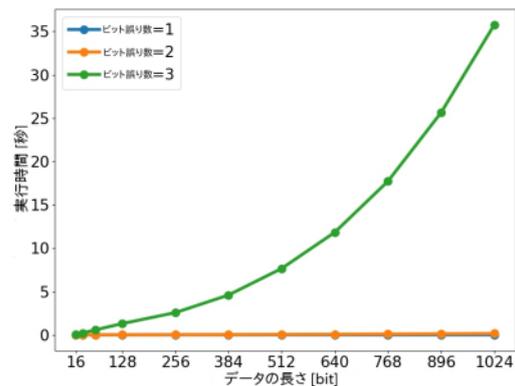


図2 元データ推定完了の実行時間

データの長さを変え、データに誤りを発生させて、元データ推定が完了する実行時間を計測した。図2から、1ビットと2ビットの誤りは短時間で元データ推定ができていることがわかる。実験環境では、誤りが3ビットの場合は、データの長さに対して指数的に実行時間が増加するものの、最大35秒以内に終了した。

4. まとめ

誤りが含まれる受信データに対して、元データの推定が可能かどうかを検証した。その結果、3ビット以下の誤りを含むデータに対して、元データを推定できることを明らかにした。

参考文献

1. M. Tokumitsu et al., "A Data Estimation Technique for Incomplete Telemetry Data based on a Genetic Algorithm with Data's Statistical Properties," in Proceedings of the 2019 International Conference on Artificial Life and Robotics, ICAROB'18, 2018. (ICAROB 2018)

お問い合わせ先

氏名：徳光 政弘

E-mail：tokumitsu@yonago.kosen.ac.jp

平滑化 L0 ノルムを用いた畳み込み型辞書学習

(久留米高専専攻科機械・電気システム工学専攻¹、久留米高専制御情報工学科²)○北島和樹¹・菅野暁²

キーワード：畳み込み型スパース表現，畳み込み型辞書学習，平滑化 L0 ノルム，射影勾配法

1. 緒言

畳み込み型スパース表現は、辞書と係数の畳み込みで信号を表現する方法であり、画像処理の分野で効果が期待されている[1]。しかし最適な係数と辞書を決定する辞書学習に大きな時間がかかるという欠点がある。本研究では、平滑化 L0 ノルムを用いた畳み込み型辞書学習[2]を基にして、高速な畳み込み型辞書学習を構築する。

2. 従来方法

畳み込み型スパース表現は信号 \mathbf{s}_k を $\sum_{m=1}^M \mathbf{d}_m * \mathbf{x}_{k,m}$ で近似する。ここで \mathbf{d}_m は辞書、 $\mathbf{x}_{k,m}$ が対応する係数である。ただし係数 $\mathbf{x}_{k,m}$ はスパースである。辞書と係数を同時に最適化することは難しいため、他方を固定した状態での片方の最適化を交互に繰り返す[1]。

まず、信号 \mathbf{s}_k に対する係数の最適化は次式で定義される。

$$\operatorname{argmin}_{\{\mathbf{x}_{k,m}\}} \sum_{m=1}^M \|\mathbf{x}_{k,m}\|_0 \quad s.t. \quad \sum_{m=1}^M \mathbf{d}_m * \mathbf{x}_{k,m} = \mathbf{s}_k \quad (1)$$

L0 ノルムは微分不可能であるため、微分可能な平滑化 L0 ノルム[3]で近似する。式(1)を射影勾配法(PGD)で解く[2]。平滑化 L0 ノルムで近似した $\sum_{m=1}^M \|\mathbf{x}_{k,m}\|_0$ を勾配降下で小さくし、制約条件を満足する解空間に $\mathbf{x}_{k,m}$ を射影する。ただし $\mathbf{x}_{k,m}$ の完全な射影は \mathbf{d}_m の更新を困難にするため、近似誤差を許容した不完全な射影を行う。

一方、辞書の最適化は次式で定義される

$$\operatorname{argmin}_{\{\mathbf{d}_m\}} \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{x}_{k,m} * \mathbf{d}_m - \mathbf{s}_k \right\|_2^2 \quad s.t. \quad \|\mathbf{d}_m\|_2 \leq 1 \quad (2)$$

この問題を交互方向乗数法(ADMM)で解く[1]。

以上より、従来手法[2]は 1)係数の勾配降下、式 2)係数の射影、式 3)ADMMによる辞書の更新という順番で更新を反復する[2]。

3.提案手法

従来手法は、辞書の最適化の時間計算量が大きく、不完全な射影により収束速度が安定しない。そこで ADMM を PGD で置き換える。更新の順番を 1) 係数の勾配降下、2) 辞書の勾配降下、3) 辞書の射影、4) 係数の射影と入れ替えることで、不完全な射影をせずとも更新を可能にする。

4. 実験結果

256×256 画素 256 階調のモノクロ画像 5 枚を用いて 12×12 画素 256 階調の辞書 256 枚を各手法で学習し、各実行時間と収束までの反復回数を計測した。計測結果を表 1 に示す。

	従来法	提案法
実行時間[s]	1000.1	177.3
反復回数	100	30
1反復あたりの実行時間[s]	10.001	5.9

表 1. 各手法の実行時間と収束までの反復回数

表 1 より、実行時間は従来手法:1000.1s に対し提案手法 177.3s であった。従来手法の 1 反復あたりの時間計算量は画像の枚数 K に関して $O(K^2)$ であったが、提案手法で $O(K)$ まで低減され、実行時間が改善された。また提案手法は反復回数が少なく、収束速度が改善されている。

5. まとめ

本研究では、平滑化 L0 ノルムによる L0 ノルムの近似と 2 種の射影勾配法を組み合わせることで、高速な畳み込み型辞書学習を構築した。今後の課題としては、画像の画素数や枚数が多い場合における検証、洗練されたパラメータの調整方法などが挙げられる。

参考文献

- [1] B.Wohlberg, "Efficient algorithms for convolutional sparse representation", IEEE Trans. on Image Processing, vol.25, no.1, pp.301-315, Jan. 2016.
 [2] 飯塚 生吾, 中静 真, "平滑化 L0 ノルム正則化による畳込み型辞書学習," 第 33 回信号処理シンポジウム予稿集 P-14, Nov. 2018.
 [3] H.Mohimani, M.Babaie-Zadeh, C.Jutten, "A fast approach for overcomplete sparse decomposition based on smoothed l0 norm.", IEEE Trans. on Signal Processing, vol.57, no.1, pp.289-301, Jan. 2009.

お問い合わせ先

氏名：黒木祥光

E-mail：kuroki@kurume-nct.ac.jp

(* 仙台高専機械システム工学科¹, 仙台高専総合工学科²)

○玉上颯太¹本郷哲²

キーワード：位置検出 測位 LQI IoT

1. 緒言

IoT が普及し、ワイヤレスなデータの取得が容易になった昨今、様々な位置情報サービスが提供されている。そこで建物内やオフィス内など限られた空間内において簡単で高精度に測位する手法の検討を行なった。本研究ではモノワイヤレス株式会社の無線モジュール TWELITE 2525A(以下モジュール)を採用し、移動体がこれを付属している状況を想定する。なおこの無線モジュールは IEEE802.15.4 に準拠し、モノワイヤレス株式会社によって技術基準適合を受けているので日本国内での実験は免許不要である。

2. 提案手法

本研究では片上氏の研究^[1]等で検討された電波強度から対象との距離を算出し三点測位を行なう手法を踏襲する。図 1 にそのシステムを表す。円は各電波マーカーとの電波強度による距離を表している。これはモジュールから取得される、各中継器との LQI 値から測位するシステムである。しかしこの従来の手法では移動体に短時間の変位があると対応できず測位誤差が大きくなった。この問題に対し、よりリア

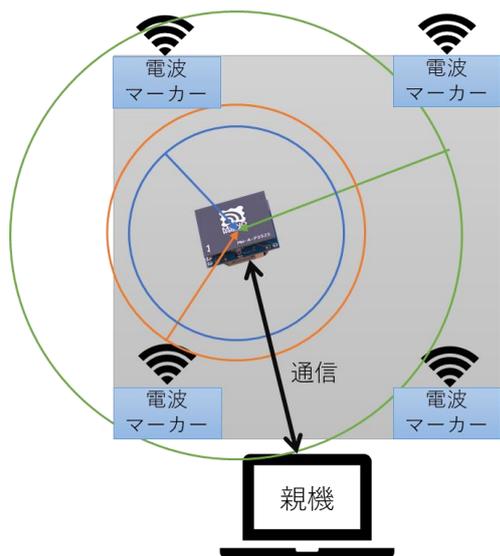


Fig.1 システムの構成
モジュール画像

<https://mono-wireless.com/jp/products/TWE-Lite-2525A/>

ルタイムに移動体の位置を追従できるようなシステムを目指した。

移動体が速く変位するとき、その変位量を測定して位置推定時に補正する手法を検討した。具体的にはモジュールに搭載されている加速度センサからデータを取得し移動体の動きを捉えるという手法である。

3. 実装実験及び検討

電波マーカー、親機には同モノワイヤレス株式会社の TWELITE MONOSTICK を採用する。モジュールの加速度センサの最大サンプリングレート仕様は 100Hz である。そこでモジュールから 100fps で親機に加速度データ及び電波強度を送信するようにし、距離によって LQI 値が変化することを確認した。Tera Term 上で通信内容をログした図を 2 に示す。この受信したデータについて加速度情報を時間積分して速度情報としてこれを利用し、LQI 値によって算出された位置を補正して高速追従ができる位置推定アルゴリズムを現在実験中である。



Fig.2 Tera Term 上のログの一部

4. 今後の展望

今後追従速度と精度をどの程度向上できたか調査を行う予定である。将来的にコートで行なうスポーツでリアルタイムに選手の位置を追従できるようなシステムにしたい。

参考文献

- [1] 片上 剛 高専シンポジウム in 小山 仙台高等専門学校 電気システム工学科 Bluetooth の RSSI を用いた位置推定手法の検討
[2] TWE-Lite ではじめる「センサー」電子工作 大澤文孝 著 工学社 2015

お問い合わせ先

氏名：本郷 哲

E-mail：hongo@sendai-nct.ac.jp

(仙台高専電気システム工学科)

○村上恵太郎・本郷哲

キーワード：環境音、メル周波数スペクトログラム、Data Augmentation

1. はじめに

人間の声の分析をする音声認識は様々な研究が行われており、既にスマートフォンなどで活用されている^[1]。しかし、環境音は多くの種類があり音によって特徴も様々なため音声認識ほど実用化されていないのが現状である。報知音検知や生活の安全・防災など非音声環境音の果たす役割は大きい。本研究では、環境音の特性を解析し、機械学習を行い分類をすることで難聴者へ、重要な報知音情報を提示することを目的とする。

2. メル周波数スペクトログラムへの変換

音のデータを利用して機械学習をするための特徴量を抽出する方法として、メル周波数ケプストラム係数(MFCC)を用いる。MFCCは、人間の聴覚の特性に合わせて低周波部分は細かく、高周波部分は粗く調べる手法である。MFCCの抽出手順は以下の通りである。

- 1 窓関数を適応し、離散フーリエ変換して周波数スペクトルを得る。
- 2 対数を取る。
- 3 パワースペクトログラムをデシベル単位に変換したものにメルフィルタバンクをあてる。
- 4 離散コサイン変換又は、逆FFT変換する。

今回 Python で犬の鳴き声の wav データを用いてメル周波数スペクトログラムを描画した。その結果を図1に示す。各時間帯における周波数ごとの音の強さが濃淡として表現されて視覚的にも特徴が表されている。

3. Data Augmentation

機械学習をするために十分なデータが揃っているとは限らず、データを増やす作業が必要になる。音声データの DataAugmentation ではノイズを加える、音を伸ばす、発生時間をずらす、ピッチを上げ下げするといった方法が挙げられる。

ここでは、ホワイトノイズ付加、シフトサウンド、ストレッチサウンドを行い、Data Augmentationを行った。3種類の拍手の音のメル周波数スペクトログラムを図2に示す。左からホワイトノイズ、シフトサウンド、ストレッチサウンドを表し、図1とパラメータは同じである。

この得られたメル周波数スペクトログラムを分類器の入力データとして、機械学習、分類を

行う。

4. まとめ

データの前処理としてメル周波数スペクトログラムへ変換し DataAugmentation を追加することができた。今後はこれらのデータを元に CNN で分類することを目標に改善を行っていく。

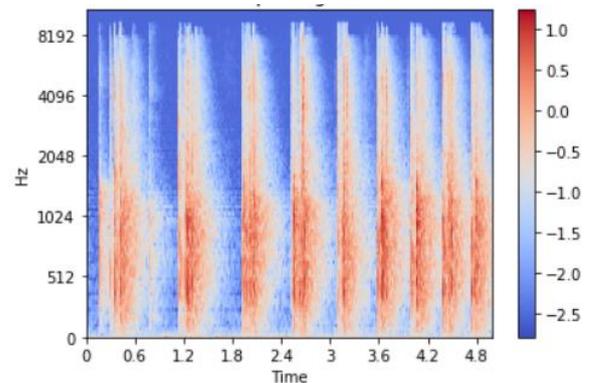


図 1: 拍手のメル周波数スペクトログラム

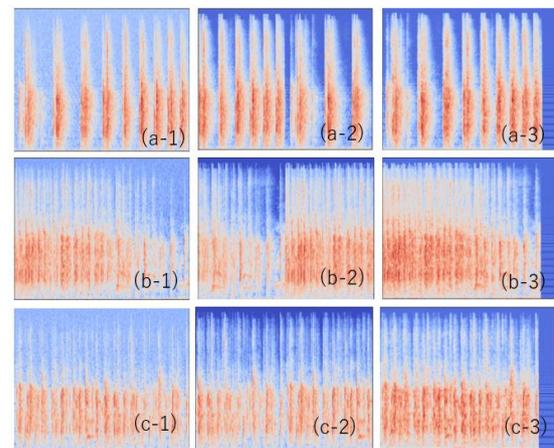


図 2: DataAugmentation した各データのメル周波数スペクトログラム

5. 参考文献

- [1] 佐々木 逸士, 佐々木 健
非音声の環境音認識に関する研究
https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2015S/0/2015S_973/_pdf/-char/ja
(参照 2019-11-28)

お問い合わせ先

氏名：本郷 哲

E-mail：hongo@sendai-nct.ac.jp

キーワード：信号処理,音響,PA,伝達関数

1. はじめに

コンサートホールの音響設計を行う際,客席で得たい残響時間やインパルス応答を考慮してコンサートホールの形状や反射材を設計する. しかし,聴衆自体も吸音材として音響的に大きな影響を及ぼすことになるため,吸音性のある座席を使用し空席時と満席時の差を小さくするといった工夫がなされている[1].

しかし,コンサートホールばかりでなくライブハウスや映画館のような施設でもホールがどの程度聴衆で満たされているか音響的特性が変化する. スタジオ等音響環境を重視した施設では,スピーカーから流れる音を音響機材およびスタッフによって,聴衆にとって聴きやすい音質と音量に調整されている.

本研究では,ホールが聴衆で満たしている場合と満たされていない場合の伝達関数を測定し,聴衆の有無による伝達関数の変化を自動的に補正する手法を検討しており,実際に測定を行ったインパルス応答を用いて補正実験を行ったので報告する.

2. 伝達関数の補正方法

聴衆で満たされていないホールの伝達関数を $h(t)$, 楽器やスピーカーからの出音を $s(t)$ とし, それぞれをフーリエ変換した伝達関数のスペクトルを $H(\omega)$ および $S(\omega)$ とする. 前年度に発表した手法に基づいて伝達関数の補正を行うと

$$A'(\omega) = H'(\omega) \left[\frac{H(\omega)}{H'(\omega)} S(\omega) \right] = H(\omega) S(\omega) \quad (1)$$

となり, 所望のホールの響きを再現できることになる. ここで, H , H' , S , A' はそれぞれ所望の伝達関数, 減衰が大きくなった伝達関数, 音源スペクトル, 聴取者のスペクトルを示す.

3. インパルス応答の推定

(1)式を用いて伝達関数の補正を行うため, TSP 信号を用いてインパルス応答の測定を行った. 条件は以下の通りである.

- ・測定場所：仙台高専名取キャンパス 9 号棟 3F 教室
- ・パワーアンプ：YAMAHA PC1002
- ・スピーカー：BOSE MODEL101MM
- ・レコーダー：SONY PCM-D50
- ・TSP 信号：48kHz/2¹⁰点(21ms)
- ・サンプリング周波数：48kHz
- ・量子化ビット数：24bit

動員時の測定では人体に見立てた綿を配置した. 以下に測定したインパルス応答とスペクトル, 及び補正伝達関数のスペクトルを示す.

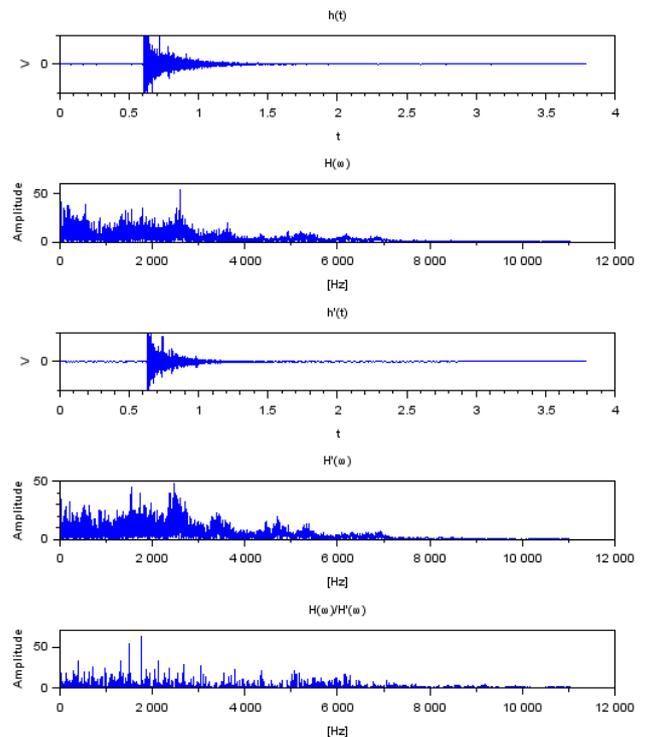


fig.1 TSP 信号を用いたインパルス応答の測定と補正伝達関数

4. まとめと今後の展望

今後の展望として, 複数の音楽ジャンルの楽曲音源からのインパルス応答の測定を行う. 実験ではレベルを正規化した音源を用いて教室内で音源の再生と録音を行いインパルス応答の抽出が可能か確かめる. 抽出が可能であれば, TSP 信号を用いて測定したインパルス応答との比較と, 有色信号を用いた聴衆の有無に対するインパルス応答の変化の測定を行う予定である.

参考文献

- [1] 社団法人 日本音響学会 Q 195
<http://www.asj.gr.jp/qanda/answer/195.html>
 [2] 動員数を加味した音響効果補正システムの検討 仙台高等専門学校 井上真幸
https://www.oyama-ct.ac.jp/24sympo_bk/contents/images/sympo24/youshi/PF/f03e446.pdf

お問い合わせ先

氏名：本郷哲

E-mail：hongo@sendai-nct.ac.jp

(仙台高専専攻科生産システムデザイン工学専攻¹,
仙台高専総合工学科²)

○藤根 光¹・本郷 哲²

キーワード：信号処理，心音解析，機械学習

1. 緒言

厚生労働省平成 29 年 (2017) 人口動態統計月報年計 (概数) によると、心疾患は日本人の死因の第 2 位となっている^[1]。またその大半が虚血性心疾患であり、動脈硬化による血管の狭窄や閉塞で引き起こされることが知られている^[2]。これらの病状は早期に発見し治療を行うことが非常に重要であり、聴診でのスクリーニングが期待されている。しかし、聴診での診断は医師の技量に左右されることや、今後の在宅医療の進展を考慮すると、聴診を機械的・定量的に行うことが重要となる。

そこで本研究では聴診音による診断に適した特徴量を明らかにして診断アルゴリズムを提案することを目指し、心音解析の基礎的検討を行った。

2. 心音データの周波数解析

本研究では音源として医師や医学生聴診訓練に用いられている心音聴診訓練用 CD^[3]を用いた。心音は周期的に訪れる I 音、II 音、III 音、IV 音と心雑音に大別される。そこで、以下の図 1 のように I 音から次の I 音が訪れるまでの 1 周期を方形窓で 88200 ポイントにて周波数解析を行った。(長さ 2 秒、0.5Hz の周波数分解能)

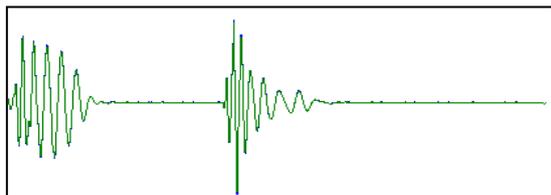


図 1 心音 1 周期の例 (正常心音)

江・崔らの研究^[4]では診断の基準とする心音の特徴量として I 音 II 音の持続時間を用いているが、「その正常領域は個人差や閾値によって異なってくるので、大量の個人履歴データから個別に決める必要がある」としている。

そこで、本研究では個人差に左右されない手法として、前述の定義により 6 症例の音源を切断した 15~20 周期分の心音について FFT 処理を行い、パワースペクトルを作成し、各症例と正常な心音のものを比較することで診断に用いる特徴量の可能性を検討した。

3. 結果

以下の図 2 に一例として異常に広い分裂 II 音を有する症例と正常心音のパワースペクトルを示す。凡例は淡線が正常心音、濃線が症例、それぞれの dB 軸の相加平均及び標準偏差(太さ)を示した。

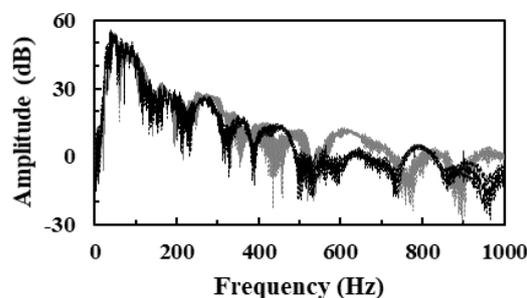


図 2 異常に広い分裂 II 音の症例と正常心音

4. 結論と展望

パワースペクトルはどの症例も 200Hz 付近までは一様にほぼ正常心音と同様のものであること、500Hz 近傍で症例ごとに形状が異なり特徴が見られることが分かった。一方で異なる症例同士が類似性を有する例もあり、特徴抽出までには至っていない。現在、正常・異常についての判定を目標に時間周波数解析、機械学習等も組み合わせさせた診断手法について検討を行っている。

【参考文献】

[1]厚生労働省「平成 29 年(2017)人口動態統計月報年計(概数)の概況」

<<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai17/index.html>>(参照 2019-2-5)

[2]東京都福祉保健局「突然死の中で最も多い急性心臓死」
<<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/smph/kansatsu/kiso/kyushi.html>>(参照 2019-2-5)

[3]スリーエム ジャパン株式会社

「3M Littmann™ Cardiac Auscultation (Heart Sounds Study Guide)」

[4]江 鐘偉, 崔 三晋 「ワイヤレス電子聴診システム異常心音解析法の開発」 日本機械学会論文集(C 編) 71 巻 711 号(2005-11) P144

お問い合わせ先

氏名：本郷 哲

E-mail：hongo@sendai-nct.ac.jp

キーワード：航空事故，ヒューマンファクター，安全分析手法，STAMP/STPA，ガイドワード

1. 緒言

航空宇宙，鉄道，自動車等のシステムでは，安全性は極めて重要な要素であり，安全なシステムの構築には設計・開発段階での安全分析が必要である．安全分析には様々な手法が存在するが，本研究ではSTAMP/STPAを採用する．

従来の安全分析手法の一つであるFTAは，構成要素の故障に起因するハザードを識別することを基本としていた．しかし近年，システムの構成は非常に大規模化及び複雑化しており，従来の安全分析手法では原因を探ることが困難である．STAMP/STPAは，アクシデントが構成要素の故障等に起因するのみならず，構成要素同士の複雑な相互作用により発生しているという考え方に基づく安全分析手法である．

近年，STAMP/STPA分析による事故事例分析は非常に注目されているが，人間もコントロールストラクチャーに含めた安全分析に関してはそれほど多くはない．加えて，日本の産業界の中にSTAMP/STPAが根付いておらず，STAMP/STPA初心者にとって非安全なコントロールアクションやハザードシナリオ・HCFの特定は困難である．

従って，STAMP/STPA分析を行う上で過去の分析事例及び事故防止に繋がる適切なガイドワードを提供することは有用である．

本研究では，ヒューマンファクターを主な事故原因とする航空事故に着目し，航空事故に特化したSTAMP/STPAのガイドワードを提案する．

2. 研究概要

はじめに，ヒューマンファクターを起因とする航空事故事例に関して，事故調査委員会による調査書に基づき調査及びSTAMP/STPA分析を行う．STAMP/STPAの相互作用のモデルを図1に示す．

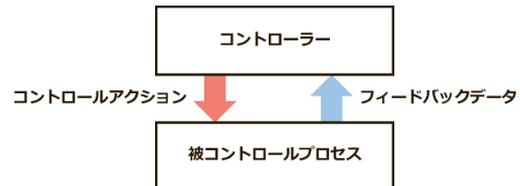


図1. STAMP/STPAにおける相互作用のモデル

次に，コントロールストラクチャーに人間を含む航空事故事例の STAMP/STPA 分析を行い，加えてヒューマンファクターに関する文献調査を実施する．研究成果として，航空事故及びヒューマンファクターに特化した STAMP/STPA のガイドワードの一部を図2に示す．



図2. 航空事故におけるガイドワード(一部)

3. まとめ

本研究では，航空事故に特化したSTAMP/STPAのガイドワードを提案した．STAMP/STPAは新しい手法であり，人間に特化した分析や航空事故に特化した分析・ガイドワードは発展途上であるため，本研究において提案したガイドワードにより，航空事故におけるSTAMP/STPA分析の負荷低減が期待できる．

参考文献

[1] システム安全性解析手法WG, はじめてのSTAMP/STPA`システム思考`に基づく新しい`安全性解析手法`, 独立行政法人 情報処理推進機構, 2016
 [2] Michal Lower, Jan Magott, Jacek Skorupski, A System-Theoretic Accident Model and Process with Human Factors Analysis and Classification System taxonomy, Safety Science, Vol. 110, 2018

お問い合わせ先
 氏名：岡本圭史
 E-mail：okamoto@sendai-nct.ac.jp

キーワード: EEG, SSVEP, 視線推定, 視覚刺激, 機械学習

1. 緒言

ブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)は, 脳活動から機器を制御するため, その入力に脳波(EEG)を利用することができる[1]. 本研究室では, EEGの中でも特に輝度反転を用いた視覚への刺激により誘発される定常状態視覚誘発電位(SSVEP)に注目しており, EEGと視線とを組み合わせた高精度のインタフェースについて検討している.

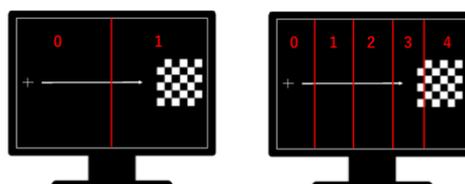
先行研究[2]では, 左から右への視線移動に対する視線推定を行った. 実験では, 液晶モニタの水平方向を2~5等分割し, それぞれに対応させたタスクの最高スコアをF-scoreで評価した. その結果, 2分割0.984(NN), 3分割0.813(NN), 4分割0.645(RF), 5分割0.530(NN)となり, 3分割までは80%以上の精度で分類が可能となった. しかし, 視線移動は左から右への1方向のみの検証となっている.

本稿では, 右から左の視線移動動作について脳波計測実験を実施し, EEGデータを基に学習させたモデルの視線推定結果を報告する.

2. 実験方法と学習モデルについて

本研究では, (株)北斗電子社製の2ch簡易脳波計BWS-4ST50とJAPANNEXT社製のリフレッシュレート144 Hz, 解像度1920×1080のモニタを使用する. 脳波計の電極は10-20法のA1, A2, O1, O2に取り付け, O1, O2の脳波データを訓練と推論に使用する. 実験は光刺激による外乱を防ぐため暗室内にて実施する. モニタの左端には, 15 Hzの周波数で輝度反転する市松模様の視覚刺激画像(1辺15 cmの正方形)を固定表示する. 被験者は, 一定速度でモニタの右端から左端へ20秒間水平移動するマークを目で追う. 実験手順は, (1)20秒間マークを注視する, (2)(1)を10回繰り返す, (3)10秒間休憩する, を各10回繰り返す. 被験者は22歳の正常視力を持つ男性2名である. また, 視線推定は2~5等分割の4種類のタスクにおいて機械学習による訓練と推論を行う. 実験タスクのイメージを図1に示す.

EEGデータには, 眼球運動によるアーティファクトがあるため, 過去の研究報告[3]を参考に帯域通過フィルタ(10~60 Hz)を適用する. 各タスクはKNN, SVM, NN, LR, RFとし, 評価指標にはF-scoreを用いる.



(a)2分割タスク (b)5分割タスク

図1. 実験タスクのイメージ

3. 結果

表1に示す視線推定結果からF-scoreを確認すると, 2分割の0.70(LR)が最も高くなり, 分割数が増加するとF-scoreが低くなる傾向となった. 以上より, 先行研究の視線推定結果と合わせると, 左右方向の視線推定は分割数が少ない場合はある程度可能なことがわかった. また, モニタの分割数が増加するとF-scoreが平均40%まで低下することを確認した. 今後は, インタフェースとして考えられる視線移動方向について定量的な評価を行う予定である.

表1. F-score(DFT適用)に基づく推論結果

	2分割	3分割	4分割	5分割
KNN	0.38	0.42	0.46	0.44
SVM	0.59	0.49	0.43	0.00
NN	0.43	0.51	0.00	0.43
LR	0.70	0.63	0.61	0.51
RF	0.54	0.53	0.51	0.54

参考文献

- [1] 蜂巣健一, 「次世代ナチュラルユーザインタフェース『視線入力』」, 映像情報メディア学会誌 Vol.68, No.8, pp636~641(2014)
- [2] 齊藤他, 視覚刺激を利用した視線方向の推定, 2019年電子情報通信学会総合大会 基礎・界/NOLTA 講演論文集, H-2-3, p.204(2019)
- [3] Avinash Tandle 他 「Classification of Artifacts in EEG Signal Recordings and Overview of Removing Techniques」 IJCA Proceedings on International Conference on Computer Technology ICCT Number.7 pp.46-50 (2015)
- お問い合わせ先
氏名: 大橋智志
E-mail: ohashi@jo.tomakomai-ct.ac.jp