

近赤外光を用いた診断支援システムに向けた波長選定手法

Wavelength Select Method for Diagnosis Supporting System in NIR

○ 河西真依（東理大） 安田裕哉（東理大） 竹村裕（東理大）

溝口博（東理大） 曾我公平（東理大） 金子和弘（国立がん研究センター）

Mai KASAI*, Yuya YASUDA*, Hiroshi TAKEMURA*, Hiroshi MIZOGUCHI*, Kohei SOGA*, Kazuhiro KANEKO**
*Tokyo University of Science **National Cancer Center East Hospital

Abstract: This paper presents new methods of selecting the wavelengths to distinguish the region of interest in near-infrared (NIR). If it is possible to distinguish the ROI by observing particular wavelength channels without any markers, spectral application as a surgery supporting system would be feasible. For instance, NIR endoscope have a great potential as the surgery supporting system, however wavelengths needs to reduce according to the limitation of NIR endoscope hardware performance. In this paper, we proposed the method of selecting the wavelengths by combined the two type section: first, reducing the dimension of wavelengths by PCA and k-means clustering. Second, selecting the wavelengths by CNN. The experimental results demonstrate that the proposed method can select valuable wavelengths to distinguish the region of interest with comparable accuracy.

Key Words: Hyperspectral Imaging, PCA, k-means, CNN

1. はじめに

近赤外光は人体に非侵襲であることから，近年医療用技術への応用が積極的に行われている．CT 画像や X 線解析といった人間の目にはとらえることのできない波長領域にある波長帯を用いることで，現在の技術では未だ捕捉することのできない病変等の識別が可能になる．本研究では，近赤外領域において対象物を識別するための特定波長を選定するため，二次元領域内の位置情報とそれに対応した連続するスペクトル情報を同時に計測することができるハイパースペクトルデータ（HSD）に着目した．今日，近赤外領域におけるスペクトルを用いた医療技術としては，曾我らによる希土類含有セラミックナノ粒子¹や蛍光体プローブ²を用いた蛍光バイオイメージングがあげられる．しかしこれらは医療用画像で診断に必要な対象領域を識別するために何らかのマーカーを必要とする．HSDを用いて識別を行う手法は多く存在し，Gabor フィルターや同時生起行列（GLCM），主成分分析（PCA），SVM，ウェーブレット変換といった手法を二つ，あるいは複数組み合わせる手法などが提案されている^{3,4}．しかしこれらの手法は使用する波長範囲が広く，手術等を支援するシステムに実用化するには機械の小型化や計測時間等の課題が多く残る．近赤外領域において識別を可能にする波長をより少なく選定できれば，近藤ら⁵が提案する共焦点ヘッドスキャン機構を用いた3次元イメージング機構と組み合わせることで，薬剤やマーカーを用いずに術者の診断の補助を行うシステムとしての利用が期待できる．

本論文では，主成分分析と k-means 法を組み合わせた次元削減手法とスペクトルデータを用いた CNN による波長選定手法を組み合わせることで，対象の識別を可能にする特定波長の選定手法を提案する．

2. 提案手法

本論文で提案する手法を図1に示す．次元削減を行う(A)～(D)と波長選定を行う(E)～(G)の2つに分類される．主成分分析（PCA）と k-means 法を組み合わせることで，

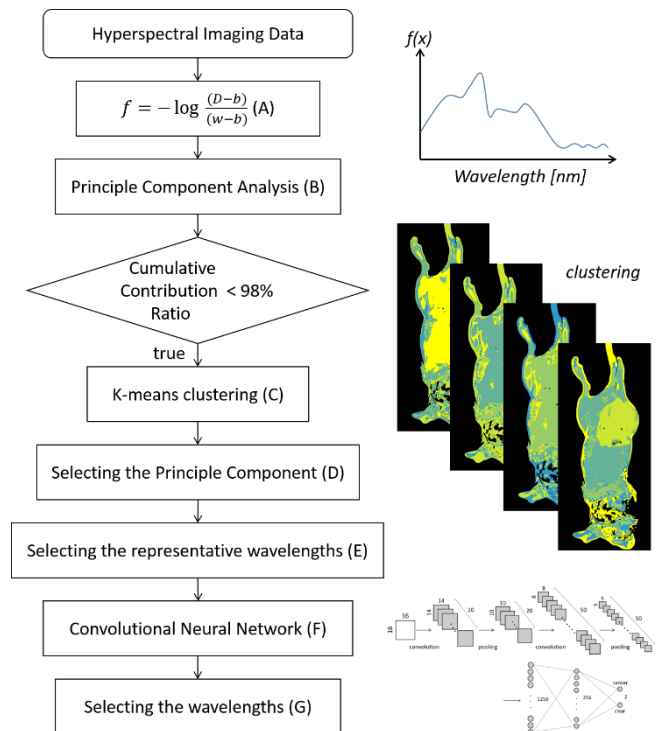


Fig. 1 Flow chart of the proposed method. Section (A)~(D) indicate reducing the disision, and section (E)~(G) indicate selecting the wavelengths.

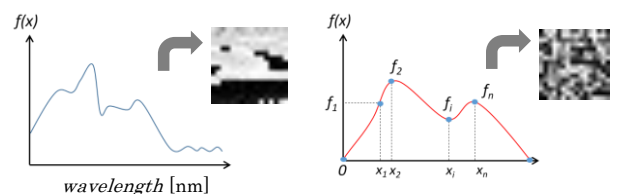


Fig. 2 convert spectral data to 16*16 image data by interpolating value using the method of Lagrangian.

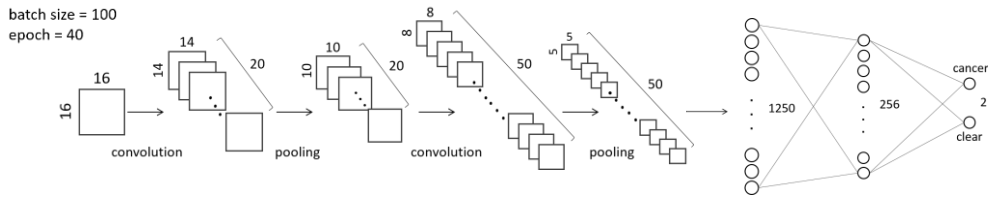


Fig. 3 Model of the Convolutional Neural Network. Number of batchsize is 100 and number of epoch is 40.

波長空間の削減を行い，さらに CNN による学習を適用することで対象を識別するための最適な波長の選定を可能にする。

2.1 次元削減

取得したスペクトルデータに対し式 (1) を用いて吸光度 f に変換する (A)。

$$f = -\log \frac{(D - b)}{(w - b)} \quad (1)$$

ここで， D ：取得した反射強度， b と w はそれぞれキャリブレーションによって求めた b ：ゼロ値， w ：最大反射強度を表す。ただし， $0 \leq f \leq 2$ を満たさない場合はノイズと判断しゼロ値に代える。変換したデータに主成分分析を適用し，各主成分得点を算出する (B)。累積寄与率が 98% を満たすまでの主成分得点に対し k -means 法によるクラスタリングを行い，領域分割を行う (C)。このとき，各主成分得点でクラスタリングを行うのではなく，第一主成分から各主成分までの主成分得点を用いてクラスタリングを行う。

2.2 波長選定

i. 代表波長の選定

k -means 法により得られた領域を各主成分毎に比較し，領域が変化し主成分を選択する (D)。領域が変化しない場合においては， k -means 法を適用した累積寄与率 98% を満たすまでの全主成分を使用する。各主成分の因子負荷量に着目し，選択した主成分の上位 3 波長を代表波長として選定する (E)。全波長を選択した場合は，各主成分において因子負荷量が最大値をとる波長を代表波長として選定する。

ii. CNN を用いた波長の選定

選定した代表波長のうち，対象を識別するうえで最適な波長を選定するために CNN (Convolutional Neural Network) によるミニバッチ学習を用いる。1pixel あたり 256 次元のスペクトルデータを 16×16 の画像として表現する。選定した波長における吸光度 f の値と，2 点 $[0,0]$ ， $[255,0]$ を端点としてラグランジュ補間により欠落データを補い，画像の輝度値に代える (図 2)。代表波長のうち選定する波長の種類，数を変更し，識別精度を比較することで対象領域を識別する上での最適な波長を選定する。

3. 結果および考察

3.1 実験内容

今回の実験では，担癌マウスを対象とし，選定した波長を用いた担癌の識別を行う。本研究は，東京理科大学倫理委員会の承認を得ている。対象のマウスとして，癌組織が成熟した担癌マウス 5 匹 (データセット①) と癌定着後 1 週間の早期担癌マウス 3 匹 (データセット②) を撮影した。マウス 1 匹あたりの HSD は $320\text{pix} \times 720\text{pix}$ の平面空間上に 256 次元の波長データをもつ。データセット①に提案手法を適用し，担癌の識別に最適な波長を選定する (実験 A)。マウス毎に学習器を作成し，他マウスをテストデータとして識別精度を比較する。次に，実験 A でもとめた波長を用

いてデータセット①より学習器を作成する。これをデータセット②に適用し，早期担癌の識別を行う。今回用いた CNN モデルを図 3 に示す。

3.2 結果および考察

実験 A におけるマウス毎の学習器とその識別精度を表 1 に示す。適用したマウスを M1~M5 で表わす。識別精度が最も高いマウス M3 により抽出された代表波長 (6 波長) を用いることで，6 波長で最も高い識別が行えることが分かった。次に，実験 A により求めた波長を用いてデータセット①より学習器を作成し，データセット②の早期担癌の識別結果を表 2 に示す。ALLSP は全スペクトルデータを用いて学習させた場合の結果を表し，DIVSP は波長抽出を用いて学習させた場合の結果を表す。256 波長用いた場合が 97.44% であるのに対し，6 波長で 98.84% の識別が可能になった。情報量が多い HSD から，識別に必要な情報のみが抽出されていることが示唆された。

4. まとめ

本論文では，主成分分析と k -means 法を用いて次元削減を行い，さらに CNN による波長選定を行うことで近赤外領域内における対象の識別を可能にする特定波長の選定手法を提案した。本手法を用いることで，波長を用いて%の精度で早期癌の識別が可能になった。今後，様々な癌に適用することで癌の成熟度の診断や別種の癌の識別が期待できる。

Table 1. the result of accuracy using data of Mouse1~5.

	M1	M2	M3	M4	M5
Accuracy[%]	93.48	94.46	95.59	94.41	94.40

Table 2. the result of accuracy of distinguishing eary cancer

	ALLSP	DICSP
Accuracy[%]	97.44	98.84

参考文献

- (1) Kohei S., Kimikazu T., Kosuke T., Tomoyoshi Y., Hiroshi H., Hidehiro K., NIR Bioimaging de-velopment of Liposome-Encapsulated, Ra-re-Earth Doped Y2O3 Nanoparticles as Fluorescent Probes, EUROPEAN JOURNAL OF IN-ORGANIC CHEMISTRY, Vol. 18, 2010, pp. 2673-2677.
- (2) Zheng X., Xing D., Zhou F., Wu B., Chen WR., Indocyanine green-containing nanostructure as near infrared dual-functional targeting probes for optical imaging and photothermal therapy, Mol Pharm, Vol. 8, 2010, pp. 447-456.
- (3) A mgren M., Ha nsen PW., Eriksen B., Larsen J., Larsen R., Analysis of Pregerminated Barley using Hyperspectral Image Analysis, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 59, 2011, pp. 11385-11394.
- (4) Naganathan G. K., Grimes L. M., Subbiah J., Calkins C. R., Samal A., Meyer G. E., Visi-ble/Near-infrared Hyperspectral Imaging for Beef Tenderness Prediction, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 64, 2008, pp. 225-233.
- (5) Yoshinori K., Kenji K., Hiroshi T., Hiroshi M., Kohei S., Hidehiro H., Kazuhiro K., "NIR内視鏡を旨指した共焦点ヘッドスキャニング機構による3次元イメージング機構の開発", 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会講演論文集, 2014