

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12879

研究課題名(和文) アルティメイトリンクを利用した高機能フォントユニバーサルデザイン

研究課題名(英文) Enriched Font Universal Design Using Ultimate Link

研究代表者

新見 道治 (Michiharu, Niimi)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：20269088

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：現実世界において、言語として一つの意味を持った文字列(単語)に対して、コンピュータ世界の何らかのデジタルコンテンツをリンクする技術を、我々は「(ハイパーリンクの上を行くような技術という意味で)アルティメイトリンク」と名付けている。このアルティメイトリンクを実現する二つの方法を研究した。一つは電子コミックに対してコミックコンテンツを高付加価値化させるシステム開発である。もう一つは、デジタルコンテンツを紙面に印刷、その後、撮影した画像データに対しても、頑健にフォント上に重畳したビット情報を抽出する技術である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子コミックコンテンツの高付加価値化については、我々はコミックを読み進めていると、意味が分からない/意味があいまいな単語、あるいは登場人物の人間関係等、背景知識を知りたい状況が多々発生するので、本システムがあれば、コミックのより深いコンテンツの理解を助けることができる。

印刷スキャンに耐性を持つアルティメイトは、当初の研究目的である、弱視者のICT技術によるより便利な社会生活を支える技術になり得ると思われる。さらに晴眼者に対しても、有益な情報提供が可能となる。

研究成果の概要(英文)：Firstly, we defined "Ultimate Link" (meaning a technology that goes beyond hyperlinks) technology that links character strings (words) that have a linguistic meaning in the real world to some kind of digital content in the computer world. We have researched two methods of realizing this Ultimate Link. One is the development of a system that adds high added value to comic content in electronic comics. The other is technology that prints digital content on paper and then robustly extracts the bit information added on the font even from scanned image data.

研究分野：画像処理

キーワード：情報ハイディング アルティメイトリンク デジタルコンテンツ 高付加価値化 印刷スキャン耐性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

資料1によると、日本国内の弱視者は約145万人もあり、日常生活に不自由を感じている。具体的なアンケートによると、86%が文字を読むことに不便を感じており、例えば、商品の値段や表示、家電製品等のマニュアルの表示、本・雑誌、新聞、役所や公共機関等の行政手続き書類については90%以上の方が困っていると答えており、弱視者の日時生活に於いて大きな制約になっていることが示されている。このような支援としては、拡大読書器やICTの活用が有効だと指摘されている。また弱視者に限らず、晴眼者にとっても役所や公共機関等の行政手続き書類については分かりづらいことは多々ある。我々はこのような問題をICT技術を使って改善したい。

資料1) 読み書きが困難な弱視(ロービジョン)者の支援の在り方に関する調査研究事業—報告書—、社会福祉法人日本盲人連合、2016年12月
<http://nichimou.org/wp-content/uploads/2017/03/yomikaki.pdf>

2. 研究の目的

本研究では、ICT技術を活用した高機能フォントユニバーサルデザインを提案する。ICTを活用することにより、弱視者に対して文字コンテンツの認識をサポートするだけでなく、さらに観測者(弱視者および晴眼者)に対して付加情報も提供できるようになる。見た目は、ほぼ通常の文字情報ではあるが、開発するアルティメイトリンク(文字情報にビット情報を重畳する技術)によりインターネット越しのコンテンツ提供サイトから種々の付加情報を得ることができる。たとえば、行政文書の書き方とか、なじみのない言葉の説明とか、そのような付加情報も提供できる。このシステム開発が本研究の目的である。

3. 研究の方法

初年度我々は以下のような研究方法で本課題にアプローチした。

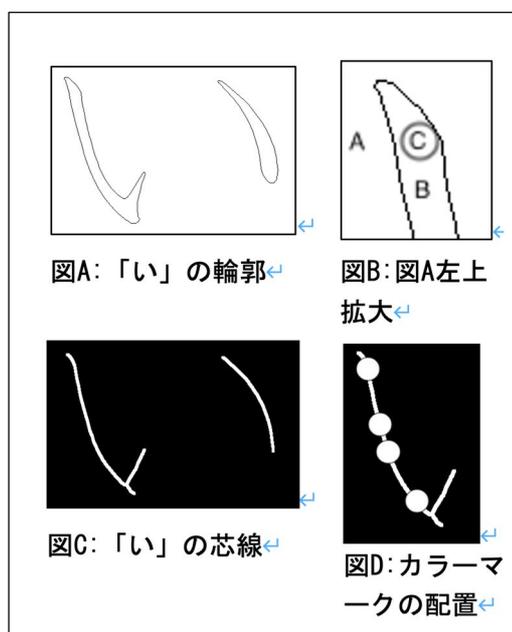
本研究では、アルティメイトリンク先の情報をタブレットに表示するシステムを想定する。アルティメイトリンクを実現するためには、紙面上の重要語(複数の文字)に対して、URLを埋め込む一種の情報ハイディング技術が必要となる。紙面に対する従来の情報ハイディングでは、著作権保護が大きな目的であり、非常に微細なドットパターンを紙面全体に印刷するような技術は存在する(資料4)。しかし我々には、特定の文字列に対して付加情報を重畳する技術が必要である。したがって、レンダリングされたフォントに対して画像処理することにより、付加情報を重畳する技術を開発する。

資料4) https://www.oki.com/jp/Home/JIS/Books/KENKAI/n198/pdf/198_R15.pdf

図Aは「い」の輪郭線である。図Bは「い」の左上部分の拡大図である。領域Aと領域Bの色差が十分大きければ文字「い」を視認できる。例えば、白色と黒色の場合である。一方で、領域Cと領域Bの色差が小さければ、模様Cは文字「い」の視認への影響は少ないと考えられる。例えば、黒色と少し薄い黒色である。この色模様Cにビット情報を持たせれば、文字フォントの視認に影響を与えることなく、付加情報(ビット情報)を文字フォントに持たせることができる。

図Cは「い」の芯線(ちょうど文字領域の中心線)である。提案手法では、図D(「い」の芯線左部分のみ)のように、芯線にそって色模様を配置することを考える。色模様の大きさは一様とする。そうすると、芯線上にて、色模様の「ある」「ない」が解析できる。これがビット情報(0/1)に対応する。

領域Aと領域Bの色差を大きく、領域Bと領域Cの色差を小さくすることで、人間の文字視認に影響を与えることなく、付加ビット情報を文字フォントに重畳できる可能性がある。



この情報埋め込み方法に対して、初年度は、ある一つのフォントに注目し、その一文字一文字に対して以下の (A) ~ (D) を検討した。

- (A) 色模様の形
- (B) 色模様の大きさ
- (C) 色模様の色
- (D) 背景色、文字色、色模様の色の関係

実験や研究者間でのディスカッションを重ねる中で、このアプローチが電子コミックコンテンツに応用できるのではないかと、というアイデアが浮かんだ。電子コミックコンテンツの文字列 (フォント) に対して付加情報を埋め込み、その文字列に関連するコンテンツ (例えば、読者の理解を深めるようなコンテンツ) を表示させるといったアイデアである。アルティメイトリンクの効果を確認するという意味でも有益であると考え、アルティメイトリンクを利用した電子コミックコンテンツの高付加価値化システム開発を行った。この部分の成果は研究成果にて述べる。

一方で、上述した方法を発展させ、紙面上に情報重畳したフォントを印刷紙、デジタルカメラで撮影し、その画像から付加ビット情報を抽出することに成功した。これは、紙面上に存在するアルティメイトリンクが施されたフォントに対して、デジタルデバイスを使えば付加情報を取得できることを意味しており、当初目的の「ICT 技術を活用した高機能フォントユニバーサルデザイン」の基礎となる。この部分の成果も研究成果にて述べる。

4. 研究成果

(1)にて、アルティメイトリンクの電子コミックへの応用を、(2)にて印刷スキャンに耐性を持つアルティメイトリンクについて述べる。

(1) アルティメイトリンクを利用したコミックコンテンツの高付加価値化

アルティメイトリンクを用いて電子コミック内の意味的にまとまった文字列に対して、補足情報を付加する。補足情報は Web ページにて表示する。つまり重畳する情報は URL である。これにより特定の文字列に対して URL で示したコンテンツがリンクされることになる。

本システムでは、まず、ユーザが対象となる電子コミックを指定する。ユーザは補足情報を付加したいコミック上の文字列を選ぶ。さらに、その文字列にリンクさせたい Web ページを選ぶ、あるいは作成する。その後、文字列に対して URL を埋め込む。アルティメイトリンクを生成するこれらの処理が GUI にて行える。

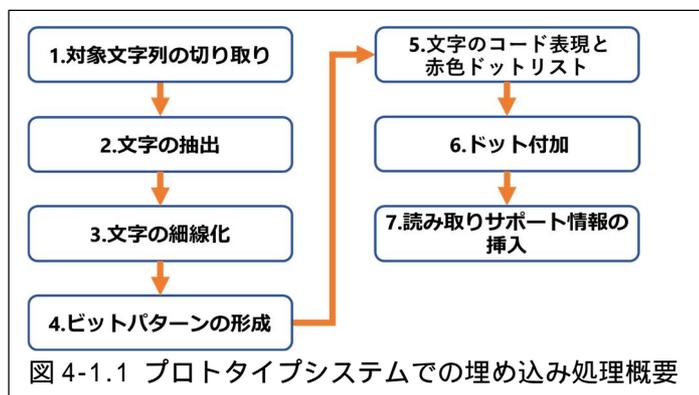
また、アルティメイトリンクが施されたコミックが入力されると、マウスの動作によって付加情報の Web ページを表示させることができる。なお本システムでは、

- ・文字とその背景は、黒と白等の 2 値で構成される。
 - ・情報を埋め込む文字列は背景等と重なっていない。
 - ・電子コミックは JPEG で与えられ、付加価値情報を保持した電子コミックも JPEG で保存する。
- ことを前提としている。

我々は、

- ・情報の埋め込み方法は赤色ドットを付加する
- ・URL は Bitly を用いた短縮 URL とする
- ・URL の https:// は情報量削減のためカットすることとした。

複数文字列に対するアルティメイトリンクの実装方法の概要は図 4-1.1 の通りである。データ抽出は基本的に逆順に処理を行う。



プロトタイプシステムをコミック画像に対して適用した。処理対象画像の一部を図 4-1.2 に示す。なおコミックデータとしては[1]を利用した。原画像には計 6 カ所情報を埋め込んだが、図 4-1.8 はその一部なので、3 カ所が赤枠で表示されている。この実験では処理が正確に行えているか簡単に確認するため、便宜的に「abc」という文字列を埋め込んだ。

JPEG 画像は非可逆圧縮方式の一つであり、その影響がどの程度発生するのか、数人の被験者に通して調査した。まず文字の劣化についてであるが、ほとんど気がつかないという意見であった。しかし本システムの機能的な問題が発見された。読み取り処理の際に最下行に埋め込んでいる情報を正しく読み出すことができなかった。実験を PNG 形式で実行したところ問題なかったため、JPEG に由来する処理誤りが含まれていると考えられる。

単純な文字列ではなく、実際の URL を利用した埋め込み抽出実験を数名に対して実施し、本システムを評価してもらった。肯定的な評価としては、

- ・情報が埋め込まれている部分に枠が作成されるので、埋め込まれている部分が簡単に視認でき、直感的にその部分を選択すれば補足情報が表示でき、楽である。
- ・URL を入力する必要がなく、簡単に補足情報が閲覧できるので、セリフの理解が深まる可能性がある。

等があった。問題点としては、システムの全体的なこととして、

- ・使い方がわからない。
- ・コマンドラインと GUI が混在している。
- ・全体的に画面が見づらい。

等があり、埋め込み処理については、

- ・URL を貼り付ける、短縮 URL を用意することが面倒である。
- ・文字を選択する画面で、2 文字ずつ区切れているので、文字列がどれなのかわかりにくい。さらには読み取り処理については、
- ・処理の終了の仕方などが分かりにくい。

等の意見があった。問題点としては総じてユーザインターフェースに関するものであった。

参考文献

[1]Y.Matsui, K.Ito, Y.Aramaki, A.Fujimoto, T.Ogawa, T.Yamasaki, K.Aizawa, Sketch-based Manga Retrieval using Manga109 Dataset, Multimedia Tools and Applications, Springer, 2016

(2) 印刷スキャンに耐性を持つアルティメイトリンク

アルティメイトリンクは、現実世界のある意味的なまとまりに対してサイバー空間での付随/補足情報をリンクさせる技術である。具体的には、文字にバイナリデータを重畳し、抽出する技術である。処理は、2 値画像に対する埋め込み処理と、情報を埋め込んだ画像を印刷しスマートフォンなどのカメラで撮影した画像から情報を抽出する抽出処理の 2 つに大きく分けられる。埋め込み処理は、以下の流れで行う。

- 1 複数の文字列からなる画像から情報を埋め込む対象文字列を決定する。
- 2 埋め込む情報とする URL を用意する。
- 3 複数の文字列からなる画像から対象文字列を文字認識する。
- 4 対象文字列を 1 文字ずつに分割する。
- 5 分割された文字の収縮を行う。
- 6 収縮された文字の細線化を行う。
- 7 細線化画像から擬似筆順の計算を行う。
- 8 擬似筆順からグリッド点を求める。
- 9 埋め込み情報に基づいてグリッド点に色のついた円を描画する。
- 10 原画像の文字を円を描画した文字に置き換える。

図 4-2.1 は埋め込み例である。なお、データ抽出処理は、基本的にこの逆順を行う。

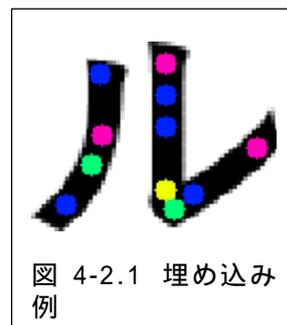


図 4-2.1 埋め込み例



図 4-1.8 使用したコミックと情報の埋め込み場所

提案するアルティメイトリンクの評価を行うために、2つの文字列 A:「ノルムが1」と B:「で互いに直交する」に対して情報を埋め込み/抽出の実験を行った。

埋め込み対象文字列は、太字のゴシック体でレンダリングされており文字のサイズは 54pt である。埋め込む情報として短縮 URL E1, E2 を用意し、文字列 A には E1:「bit.ly/4a06jiU」を埋め込み、文字列 B には E2:「bit.ly/3U5rYgp」を埋め込んだ。

2つの埋め込み対象文字列に対して埋め込み処理を行い、対象文字列に情報が埋め込まれた画像を A4 用紙に印刷し、スマートフォンで撮影を行った。図 4-2.2, 図 4-2.3 は、撮影画像を一部拡大したものであり、画像全体のサイズは 4032x3024 である。

実行環境は、OS が Windows10 (CPU: Intel(R) Core(TM) i7- 8565U, メモリ:8GB), Python は 3.11, 画像データは OpenCV にて処理するように実装した。



図 4-2.2 文字列 A「ノルムが1」の撮影画像

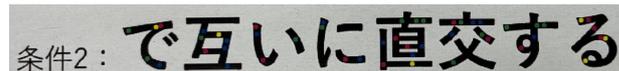


図 4-2.3 文字列 B「で互いに直交する」の撮影画像

文字列 A, B とともに埋め込み・抽出に成功し、URL を復元できたことを確認した。また、抽出処理にかかった時間は文字列 A が 37 秒、文字列 B が 50 秒であった。

文字列を複数含む文字画像に対して、改良型アルティメイトリンクを用いて情報の埋め込み、抽出をする実験を行った。文字列 A, B のどちらも情報の埋め込みに成功することを確認した。これは Vision API の文字認識機能の高い文字認識精度によって、文字列が複数ある場合でも画像全体を文字認識し、その全体の結果から対象文字列のみの認識結果を取り出して、各文字の矩形領域を求め文字列の分割を行うことができたからだと考える。

また、抽出処理においても文字列 A, B のどちらも情報が埋め込まれた文字列の位置を特定することに成功した。これは、情報が埋め込まれている文字には色のついた円が描画されていることを利用して色ごとにマスク画像を生成しそれを膨張させ、膨張マスク画像に対してハフ変換によって円の位置を検出することにより、撮影画像から情報が埋め込まれている位置を特定することができたからだと考える。

さらに、文字列 A, B のどちらも、射影変換用の射影マーカーなしで正しく情報の抽出まで行えることを確認した。これは、埋め込みと抽出で同じランダムシードを用いることで、情報の埋め込みに使用したグリッド点、すなわち参照グリッド点を特定することができるので、各文字について参照グリッド点と検出した円を用いてホモグラフィ変換による位置合わせ、すなわち射影変換が行われるので、射影マーカーの検出による射影変換で撮影画像全体の画像の正規化を行う必要がなくなったからだと考える。また、ホモグラフィ変換を行う際に算出するホモグラフィ行列が適切に計算されたかを、計算された行列による任意の正方形の射影変換の結果によって検査することで位置合わせの失敗を防ぐことができ、頑健な位置合わせ手法の構築を行うことができたと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamadera Keiji, Niimi Michiharu	4. 巻 none
2. 論文標題 Ultimatelink Between Characters Having a Certain Meaning in Physical Space to URL in Cyberspace with Robust Print and Scan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference	6. 最初と最後の頁 514,518
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/APSIPAASC58517.2023.10317488	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山寺慧司, 新見道治
2. 発表標題 射影変換用マーカを必要としない改良型アルティメイトリンク
3. 学会等名 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山寺慧司, 新見道治
2. 発表標題 複雑な複数漢字文字を対象とした印刷耐性を有するアルティメイトリンク
3. 学会等名 火の国情報シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 牟田賢弘, 新見道治, 山内幸治
2. 発表標題 意味的なまとまりを持った複数文字を対象とした印刷耐性を有するアルティメイトリンク
3. 学会等名 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牟田賢弘, 新見道治, 山内幸治
2. 発表標題 印刷耐性を有するアルティメイトリンクの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会九州支部 2021年度(第29回)学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森吉紫苑・山内幸治(北九州高専)・新見道治(九工大)
2. 発表標題 アルティメイトリンクを利用したコミックコンテンツの高付加価値化
3. 学会等名 電子情報通信学会, EMM研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山内 幸治 (Yamauchi Yukiharu) (60270378)	北九州工業高等専門学校・生産デザイン工学科・教授 (57103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------