

## 編集履歴付きデジタル文書を媒体とするステガノグラフィの一方

†井上 照久 †遠山 毅 †松本 勉

† 横浜国立大学大学院環境情報研究院

〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

†Email: {inoue, toyama}@mlab.jks.ynu.ac.jp, tsutomu@ynu.ac.jp

あらまし これまで、テキストを埋込媒体に用いたステガノグラフィの埋込手法として、さまざまな手法が提案されている。既存の埋込手法として、電子透かしの用途で用いられることを前提とした、文章中の言葉を同じ意味の別の言葉で言い換えることで埋込を行う手法が提案されている。この手法はテキストの表現方法に依存しないという利点があるが、この手法を適用して生成された文書中に表記揺れが生じることが避けられないため、人間による詳細な観察による埋込の検出攻撃に対しては耐性を高めることが難しいと考えられる。また事前に通信の当事者間で、言い換え可能な言葉を保存したデータベースを共有することや、カバーデータ中のテキストを高度な自然言語処理技術により解析することが必要である。本稿では、デジタル文書を編集する際に用いられる編集履歴機能を用いた埋込手法を提案し、評価を行う。提案手法は編集履歴において例えば削除した文字列に真に送りたい情報を埋込することができるため、検出攻撃への耐性の点で優れた方式を含むことが期待できる。また送受信者があらかじめ巨大なデータベースを共有したり、自然言語処理の技術を用いたりしなくても埋込が可能のため、既存の手法とより手軽に利用できる。

## A Method of Steganography Based on Edit History of Document

†Teruhisa Inoue †Tsuyoshi Toyama †Tsutomu Matsumoto

†Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

79-7 Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama 240-8501, Japan

†Email: {teruhisa, toyama}@mlab.jks.ynu.ac.jp, tsutomu@ynu.ac.jp

**Abstract** Text-based steganography has been extensively studied. An attractive method for text-based steganography proposed by Nakagawa-Sampe-Matsumoto embeds information into a text by changing words into alternative words so that the meaning of the whole text remains unchanged. Appropriate selection of alternative words is essential in assuring resistance against detection of embedding. By this reason the method needs relatively fat natural language processing and large database for alternative expressions. The resultant stegotext, which is the modulated text with embedded information, looks natural at glance, but from rigorous view of human examiners with curiosity, the very fact of the existence of embedding can be disclosed by its inevitable fluctuation in expression. To seek better methods the present paper proposes the idea of utilizing edit history of documents. This idea has potential to produce much attractive steganographic tools to overcome security and practical issues of the former methods. This paper also shows a basic implementation for MS WORD 2007 documents and gives its primal evaluation.

### 1. はじめに

ステガノグラフィは真に伝えたい情報を別の媒体に埋込んで伝送し、通信当事者以外に対し通信の存在そのものを秘匿する技術である。情報を埋込む媒体となるカバーデータには、静止画像、動画像、音声、テキストをはじめ、様々なメディアが利用される。本稿では、テキストをカバーデータに用いた情報ハイディングに注目する。

テキストを用いた情報ハイディングの手法として、文献[4]では、文章中に存在する語句を、同じ意味を持つ異なる言葉

に置き換えることで、埋込後も自然なテキストとなる手法が提案されている。この手法は、主に電子透かしの用途を目的として提案されているが、ステガノグラフィに用いることも可能である。しかし、この手法をステガノグラフィに用いた場合、情報の埋込によってももとの文章が持つ言葉を変更することで表記の揺れが生じることから、人間が文章を読み情報埋込の検出を試みた場合、言葉の表記揺れを手がかりとして、埋込が検出されるおそれがある。また、ステガノグラフィの通信を行う前に、通信の当事者間で、語句と埋込情報

であるビット列を対応させるデータベースを共有しておくことや、カバーデータにおける文章が言い換え可能かを解析するための高度な自然言語処理の技術が必要となる。

本稿では、デジタル文書を編集するときに用いられる、文章の追加・削除や変更といった編集の履歴（以降編集履歴とよぶ）に注目し、新たな埋込手法を検討する。提案手法では、カバーデータにおけるテキストの記述をもとに、自然言語処理技術を用いずミスタイプや誤変換を修正したようにみせかけた編集履歴を追加することで埋込を行う。提案手法では、事前に大容量のデータベースを共有することなく、また自然言語処理技術を用いることなく埋込める。また提案手法は、元々の文章の見た目や文章そのものには変更を加えないことから、既存のテキストへの埋込手法を適用した後に提案手法を適用することで、既存の手法と併用することもできる。

本稿の構成は次のとおりである。2節ではテキストを媒体に用いた既存のステガノグラフィに関して説明し、3節で編集履歴を用いた提案手法を述べ、4節で編集履歴機能を持つ代表的なアプリケーションである Word2007 文書の仕様について説明する。次に5節で Word2007 文書を用いた埋込手法の一つを実装・評価し、最後に6節でまとめる。

## 2 テキストを用いたステガノグラフィ

### 2.1 通信モデル

本稿で考察するステガノグラフィのモデルを図1に示す。送信者 (Sender) は本当に通信したい埋込情報 (Embedded Data) をステゴ鍵 (Stego key) を参照しカバーデータ (Cover Data) に埋込み、ステゴデータ (Stego Data) を生成する。その後、ステゴデータを受信者 (Receiver) に送信する。攻撃者 (Attacker) は、送信されるステゴデータを取得できる。受信者は、受信したステゴデータからステゴ鍵を参照し埋込情報を抽出する。攻撃者には、通信路上のデータを観察しステゴデータかそうでないかを判別し埋込の検出攻撃を行う攻撃者や、通信路上のデータを改ざんして、埋込まれている情報を破壊する攻撃者などが想定される。本稿では主に埋込の検出攻撃を行う攻撃者を想定する。また本稿ではカバーデータとしてテキストを用いる状況を想定する。

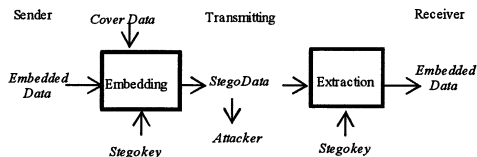


図1 ステガノグラフィのモデル

### 2.2 テキストを媒体とした既存の埋込手法

テキストを媒体として用いた埋込手法について、ステガノグラフィを目的とする場合における既存のそれぞれの手法のセキュリティ、埋込量に関して考察し、以下にまとめる。

埋込後も見かけが変わらないことを目標とした手法として、

「ホワイトスペース法」とよばれる、ページ設定上での文字間や行間の空白・スペースを制御して埋込む手法[1]や、「文字埋込法」とよばれる、スペースやタブのようなヌルキャラクタを単語間または行末に埋込むことにより情報を埋込む手法[2]がある。また、文献[5]では、改行位置を調整することによって情報を埋込む手法が提案されている。これを「改行位置法」とよぶ。また文献[6]では、空白文字の色情報を変更しても編集画面上での見かけがかわらないことを利用した手法が提案されている。これを「空白文字色法」とよぶ。セキュリティに関しては、ホワイトスペース法は厳密にはテキストへの埋込ではなく見かけの微妙な変化が人間には気づきづらいことを利用した埋込み手法である。ドキュメントを扱うアプリケーションによっては文字ごとに制御できるわけではないため埋込可能情報量は制限されると考えられる。また、文字埋込法や空白文字色法は、埋込により見かけは全く変化しないが、埋込手法が公開である場合に攻撃者が編集画面を観察した場合容易に埋込が検出される。ただし、行末など空白が挿入可能な箇所は一般に多いと考えられるため、埋込可能な情報量は比較的多くできる。

これらに対し、「辞書変換法」とよばれる、あらかじめ用意された文法構造と各単語に割り当てられた辞書を用いることにより自然言語風のステゴデータを生成することで情報を埋込む手法[3]がある。辞書変換法では埋込後のテキスト内容の品質が保証されておらず、人間が検査することで容易に埋込が検出されるおそれがある。文献[4]では辞書変換法をベースとして情報を埋込んだ後も品質が劣化しないような自然な埋込となる手法が提案されている。本稿では文献[4]の手法を「言い換え法」とよぶ。言い換え法の例を図2に示す。

ネットワーク基盤の発達などに[よって/より]、電子的にやり取りされる情報量が目覚ましく増加している。それに[伴い/伴って]、電子化されたコンテンツに対する著作権保護が大きな問題となっている。[そのような/その]問題を解決する1つの方法として注目、研究されているのが情報ハイディングである。しかし、[これまで/従来]の情報ハイディングは、画像、音声などに対するものがほとんどであり、テキストを対象にしたものでも、文字間や行間などを微妙に変化させて情報の隠蔽を行うなど、実質的には画像的な扱いをするものがほとんどであった。

### 図2 言い換え法の例

しかし言い換え法も、埋込によって同じ意味であるものの異なる表現となるところが頻りに現れることとなるため、表記揺れが多く存在することとなる。辞書変換法に基づく手法は、文章中に存在する言葉を別の言い換え可能な語句を変更することで埋込むため、言い換え可能な語句が存在しない限り埋込めない。文献[4]の手法は品質が劣化しにくいように埋込むため、文献[3]の手法と比較してもさらに埋込可能情報量は減少すると考えられる。

辞書変換法と言い換え法は、ステゴ鍵として、埋込む語句ごとにどのビット列に対応させるかの表を通信の当事者間で事前に共有しておく必要がある。さらに、言い換え法に関し

ては埋込む際にカバーデータとなるテキストを自然言語処理技術によって解析する必要があるため、埋込む際の処理量が多いことが予想される。

以上の考察を表1と2にまとめる。表1はテキストを媒体とした既存手法の大別を示し、表2はテキスト内容変更を行う既存手法の比較を示す。

表1 既存手法のテキスト内容変更の有無

	テキスト内容の変更
ホワイトスペース法	無
文字埋込法	無
改行位置法	無
空白文字色法	無
辞書変換法	有
言い換え法	有

表2 テキスト内容変更を行う既存手法の比較

	自然言語処理	検出耐性	埋込量
辞書変換法	行わない	低	多
言い換え法	行う	高	少

### 3. 編集履歴を用いた提案手法

#### 3.1. 提案手法

ある文書の内容を変更した部分すなわち文章の削除と挿入がされたものを編集履歴としその部分が明示されたものを編集履歴付き文書とよぶ。埋込みに利用可能な編集履歴としては以下のようなものがある。

- ・ 言い回しや表現、語句の言い換え
- ・ 助詞の修正
- ・ ミスタッチの修正
- ・ 同音異義語の誤変換の修正
- ・ 省略可能な箇所削除あるいは明示
- ・ 文章の削除
- ・ その他

本稿では、この編集履歴付き文書をカバーデータとして、編集履歴に情報を埋込むステガノグラフィ手法を提案する。文献[4]の言い換え法の例(図2)を利用して提案手法の具体例を作ってみたものを図3に示す。この例では言い換えを行う前、修正を行う前の文章を削除し、言い換えを行った修正後の文章が挿入されている。削除された文章は取り消し線で、挿入された文章は下線で示されている。

図3に示したような、削除と挿入がセットになったものを想定した編集履歴を模擬し、追加することで情報を埋込むことを考えた場合、攻撃者が情報が埋込まれた文書であるかを評価することは難しいと考えられる。このように言い換え法のように自然言語処理を用いた編集履歴も考えられるが、自然言語処理を行わずに、処理を軽化した手法という需要もあ

ると考えられるため、その具体的方法についても併せて提案する。

ネットワーク基盤の発達などによってにより、電子的にやり取りされる情報量が目覚ましく増加している。それに伴い伴って、電子化されたコンテンツに対する著作権保護が大きな問題となっている。そのような問題を解決する1つの方法として注目、研究されているのが情報ハイディングである。しかし、これまで従来の情報ハイディングは、画像、音声などに対するものがほとんどであり、テキストを対象にしたものでも、文字間や行間などを微妙に変化させて情報の隠蔽を行うなど、実質的には画像的な扱いをするものがほとんどであった。

図3 言い換えを行った編集履歴の例

#### 3.2. 自然言語処理を用いない提案手法

3.1節で列挙した編集履歴の例を用いた自然言語処理を用いずに行う埋込手法について説明する。その例として、置き換え文字として助詞を利用した修正の手法を挙げる。文字とビット列の対応表を用いて、入れ替えを行うことで埋込む。文字とビット列の対応の例を図4に、図5に、提案手法による助詞の修正を模擬した埋込の例を示す。

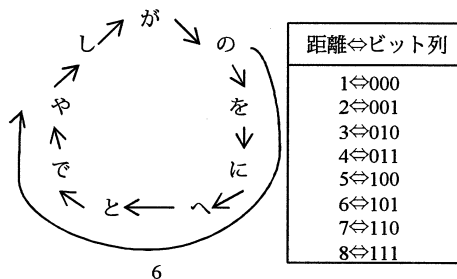


図4 文字⇔ビット列対応例

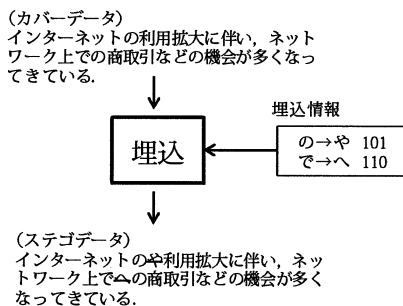


図5 提案手法による埋込の例

助詞の修正を模擬して埋込む場合、同じ助詞が修正されたように見せかけることは明らかに不自然であるため、異なる助詞である必要がある。そこで、図4のような助詞の文字集合に属する文字を円環状に任意で並べ、時計回りに矢印をたどった数に対応したビット列の表をステゴ鍵として利用することを考える。図4で示すように「の」から「や」までは時計回りに矢印を6個たどる。これを距離6とする。埋込の際は、カバーデータの助詞を、埋込情報のビット列に対応した距離ある助詞に置き換えることで、助詞の修正に見せかけた

編集履歴を挿入する。

### 3.3. 編集履歴を利用した埋入の可能性

近年、文章を執筆する上で、ユーザ同士が編集中の文書を電子メールなどで交換して相互に編集し、修正しあうことで、より質の高い文章を作りあげることが多い。デジタル文書を編集する代表的なソフトウェアである Microsoft Word[7]や OpenOffice.org Writer[8]には、誰が、どのような編集を行ったかという記録を残す機能である、編集履歴機能が広く用いられている。また Web サービスとしては Wiki[9]などが挙げられる。人間がデジタル文書を完成させるまでの編集過程には、タイプミスや余分な文章の削除、文章の追加、文章の推敲による言い回しの変更など、さまざまな試行錯誤があり、文書中の編集履歴にはこれらの過程が保存されている。編集履歴は、文章を修正する際に用いられるというその特徴から、文章を修正しているユーザ間でステガノグラフィ通信を行う際には、電子メールでのやりとりが自然なシナリオとして考えられるため、ステガノグラフィを行う際の通信がやりやすいという利点がある。また、編集履歴は文章の編集過程において重要な情報になりうるため、通信路上で編集履歴の改ざんや消去を行うことで、埋入情報の破壊を行うことは困難だといえる。

以降、本稿では、編集履歴機能を持つデジタル文書の中でも、代表的なものとして Word2007 文書に注目し、これを用いたステガノグラフィの達成を目的とした埋入手法について検討を行う。以降アプリケーションを示す場合は Word2007、Word2007 で取り扱うファイルを示す場合は Word2007 文書と表記することとする。

## 4. 提案手法の一具体例と評価

### 4.1. Word2007 文書の編集履歴

本稿では、近年広く一般に用いられていると考えられる、Word2007 文書における編集履歴に注目し、提案手法の一具体例の実装を行った。Word2007 文書における編集履歴の例を図 6 に示す。挿入は下線で、削除は取り消し線で表示される。また、一具体例として、置き換え文字として助詞を用いた編集履歴を追加する手法を選んだ。

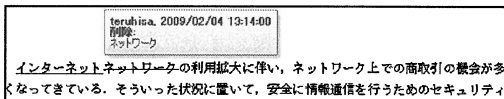


図 6 Word2007 文書における編集履歴の例

### 4.2. Word2007 文書のフォーマット

Word2007 には編集者が文書を編集したときに、どの編集者がどの部分を変更したかという編集履歴を保存する機能が存在している。Word2007 では Office (2007) Open XML[10] という XML と ZIP の技術を用いたフォーマットを採用している。Word2007 文書を ZIP 形式で展開すると、図 7 のような構成になっている。以下に図 7 で示した個々のファイルの Word2007 文書中での役割を説明する。

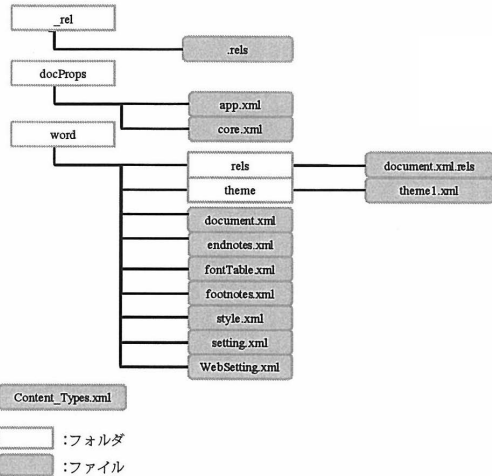


図 7 Word2007 のファイル構成例

word フォルダ以外については文書の構成やプロパティを示す内容になっており、word フォルダ中のファイルが、文書の中身を示すファイル群となっている。編集履歴は、document.xml に記述される。図 6 の編集履歴の記述の一部分が document.xml 中でどのように記されるかを例を図 8 に示す。図 8 を用いて document.xml の記述方法について説明する。編集履歴における文章の挿入は <w:ins>~</w:ins> のタグで、削除は <w:del>~</w:del> のタグで囲まれることにより表現される。この xml の記述は、document.xml を直接編集することで変更可能である。

```
<w:ins w:id="0" w:author="teruhisa" w:date="2008-11-27T18:52:00Z">
<w:r w:rsidR="00457F02">
<w:rPr>
<w:rFonts w:hint="eastAsia"/>
</w:rPr>
<w:t>インターネット</w:t>
</w:r></w:ins>
<w:del w:id="1" w:author="teruhisa" w:date="2008-11-27T18:52:00Z">
<w:r w:rsidDel="00457F02">
<w:rPr>
<w:rFonts w:hint="eastAsia"/>
</w:rPr>
<w:delText>ネットワーク</w:delText>
</w:r></w:del>
```

図 8 document.xml 内での変更履歴の記述方法

### 4.3. 実装した埋入手法

3.1 で提案した埋入手法に関して、3.2 で説明した置き換え文字に助詞を用いた修正を模倣した埋入方式の実装を行った。実装を行ったプログラムの埋入処理手順は以下の通りである。

Step1. カバーデータとなる Word2007 文書を、拡張子を.docx から.zipへと変更し、展開し、document.xml を取得する。

Step2. 埋入対象となる document.xml を解析して、Word2007 の編集画面上に表示されている文章をプレインテキストとして



取得する。

Step3. プレインテキストの文章を先頭から読み込んでいき、漢字とカタカナ語句が出現した場所から、直後のひらがな文章が終わり、次の漢字もしくはカタカナ語句、句読点が出るまでを一つの区切りとして分割する。

このとき、漢字とカタカナ語句の直後に出現するひらがなは助詞である可能性が高いと見なす。ここでは直後がひらがな一文字の場合に助詞と判断する。

例: インターネットの利用拡大に伴い、  
→「インターネットの|利用拡大に|伴い、|

Step4. 検索した助詞が以下のどの文字集合に所属するかを検索し、埋入情報とステゴ鍵に従って、助詞と同じ文字集合内の異なる文字に置き換える。Step2. で取得したすべての助詞について置き換えたプレインテキストを作成する。ここで、置き換えを行うパラメータとして、0~100 までの値を設定する。そして各助詞毎に、ランダム関数で0~100 のいずれかの値を生成し、設定されたパラメータ以上の値であれば置き換えを行わず、未満であれば置き換えを行う。

文字集合1 = {が, の, を, に, へ, と, で, や, し}  
文字集合2 = {な, ぞ, よ, ね, わ}  
文字集合3 = {は, も, か}  
文字集合4 = {ば, と, て}

Step5. 置き換えを行ったプレインテキストと document.xml 内の文章との比較を行い、document.xml の文字が置き換えられている部分に関して編集履歴を追加する。置き換えられる前の文字は、その文字が編集段階で挿入されたという編集履歴に追加し、置き換えた後の文字は編集段階で削除されたという文字として編集履歴に追加する。この編集履歴の内容を、document.xml ファイルに統合する。

Step6. 作成した document.xml を Office Open XML のフォルダ・ファイル構成に従って ZIP 圧縮を行い、得られたファイルの拡張子を zip から.docx に変更することで、ステゴデータとなる Word2007 文書を作成する。

抽出処理はステゴデータの Word2007 文書から同様に document.xml を取得し、編集履歴を解析・抽出を行う。

以下、一部を示す文書をカバーデータとして、埋入パラメータを変化させて埋入を行った例を記す。それぞれ埋入パラメータは 10, 20, 30 とした。

・埋入前の文書の一部

「インターネットの利用拡大に伴い、ネットワーク上で商取引などの機会が多くなってきている。そういった状況に置いて、安全に情報通信を行うためのセキュリティ確保が必要となってきている。その中で、情報セキュリティ技術のひとつである、情報の存在自体を他の情報や通信に埋入むことによって隠蔽し、第三者に情報の存在を感知されないことを目的とする情報ハイディング技術が注目されている。」

・埋入パラメータ 10 での埋入後の文書の一部

「インターネットの利用拡大に伴い、ネットワーク上で商取引などの機会が多くなってきている。そういった状況に置いて、安全に情報通信を行うためのセキュリティ確保が必要となってきている。その中で、情報セキュリティ技術のひとつである、情報の存在自体を~~と~~他の情報や通信に埋入むことによって隠蔽し、第三者に情報の存在を感知されないことを目的とする情報ハイディング技術が注目されている。」

・埋入パラメータ 20 での埋入後の文書の一部

「インターネットの利用拡大に伴い、ネットワーク上で商取引などの機会が多くなってきている。そういった状況に置いて、安全に情報通信を行うためのセキュリティ確保が必要となってきている。その中で、情報セキュリティ技術の~~の~~ひとつである、情報の存在自体を~~の~~情報や通信に埋入むことによって隠蔽し、第三者に情報の存在を感知されないことを目的とする情報ハイディング技術が注目~~さ~~されている。」

・埋入パラメータ 30 での埋入後の文書の一部

「インターネット~~の~~利用拡大に伴い、ネットワーク上~~で~~の商取引などの機会が多くなってきている。そういった状況~~に~~と置いて、安全に情報通信を行うためのセキュリティ確保が必要~~と~~なっている。その中で、情報セキュリティ技術のひとつである、情報の~~と~~存在自体を~~の~~他の情報や通信に埋入むことによって隠蔽し、第三者~~に~~を情報の存在を感知されないことを目的とする情報ハイディング技術が注目~~さ~~されている。」

#### 4.4. 埋入実験結果

3.2 で述べた置き換え文字に助詞を用いた編集履歴の埋入システムを、Word2007 文書の 9 個のサンプルについて埋入実験を行った。表 3 に各サンプル文書についての埋入情報量を示す。この結果から、A4 一枚程度の文書に対して助詞を用いた編集履歴の埋入手法で数 byte から十数 byte 埋入むことができるとわかった。

表 3 各サンプルの埋込情報量

サンプル文書番号	カバデータ量 (byte)	カバデータ文字数	埋込パラメータ	埋込量 (byte)
1	13,233	828(A4約1枚)	10	3
			20	6
			30	8
			10	3
2	13,272	1128(A4約1枚)	20	7
			30	13
			10	3
			20	6
3	13,145	869(A4約1枚)	10	3
			20	6
			30	12
			10	4
4	13,735	1445(A4約1枚)	20	7
			30	13
			10	4
			20	9
5	13,717	1444(A4約1枚)	30	16
			10	7
			20	14
			30	22
6	14,615	1956(A4約2枚)	10	10
			30	20
			20	27
			30	34
7	15,385	2825(A4約3枚)	10	15
			20	20
			30	27
			10	48
8	17,348	4270(A4約4枚)	20	19
			30	37
			10	19
			20	37
9	19,251	5724(A4約5枚)	30	65
			10	19
			20	37
			30	65

#### 4.5. セキュリティに関する評価

4.3 で示した埋込み後の文書の一部からわかるように、パラメータが大きくなるにつれて、助詞の修正箇所が多くなるため、不自然さが増加することが明らかとなった。より多くの文字の量のあるカバーデータを用いる場合を想定すると、一定の割合で助詞の修正が出現することとなるため、埋込による不自然さが目立つことが予想される。ただし、このように助詞の修正だけの編集履歴はあまりない。但し助詞だけではなく他の語句の修正も編集履歴に含めることにより、上記の不自然さは解消されるものと思われる。また、今回助詞の文字集合を利用した埋込みを行ったが、埋込み後に自然な編集履歴に見せかけることができるように用いる助詞の吟味を行うことが必要だと考えられる。

#### 4.6. 今後の発展性に関して

本稿で評価を行った実装は、数多く存在する編集履歴の中でも、助詞の修正を考慮した埋込だけを行った。今後、より多く編集履歴の模擬を行うことで、さらに多くの情報を埋込むことができることが期待される。模擬を行う編集履歴の中には、言葉の言い回しや語句の言い換えのように、既存の手法である言い換え法のように埋込の際に大規模なデータベースと自然言語処理を必要とするものもあるが、既存の手法で培われた技術を応用することができる。また、現在は日本語の文章における編集履歴のみを考慮しているが、他の自然言語であっても、編集の際にさまざまな修正が行われることが予想されるため、それらを模擬することで、日本語と同様、本稿における提案手法により埋込める。具体的に例を挙げると、英語の場合、that や which など、省略可能な表現を明示するか否かを編集履歴によって変更したように見せかけて埋込むことができる。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、編集履歴付テキストを用いたステガノグラフィの手法を提案した。また Word2007 文書を例に、置き換え文字として助詞を用いた埋込手法を提案し、実装と評価を行った。実装実験の結果、編集履歴の—具体例を考慮しただけではあるが、ある程度の情報量が埋込めることがわかった。セキュリティに関しては、大規模なデータベースや自然言語処理技術を用いずに、ある程度自然な修正にみせかけて埋込むことができたといえる。

今後の課題としてより自然な修正にみえるようにするために、実際の編集履歴を収集・観察して提案手法を改良することが挙げられる。また本稿では助詞の修正だけを考慮して埋込情報量を評価したが、より多くの情報を埋込むために、それ以外を考慮して埋込む手法についても検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] J. Brassil, S. Low, N.F. Maxemchuk and L. O' Gorman, "Electronic Marking and Identification Techniques to Discourage Document Copying," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.13, no.8, pp. 1495-1504, 1995.
- [2] S. Low, N.F. Maxemchuk, J. Brassil, and L. O'Gorman, "Document Marking and Identification using Both Line and Word Shifting," Infocom '95, vol.2, pp.853-860, Boston, Massachusetts, USA, Apr. 1995.
- [3] M. Chapman, G. Davida, "Hiding the Hidden: A Software System for Concealing Ciphertext as Innocuous Text," Information and Communication Security, First International Conference, pp. 335-345, Beijing, China, Nov. 1997.
- [4] 中川 裕志, 三瓶 光司, 松本 勉 "意味保存型の情報ハイディング-日本語文書への応用," 情報処理学会論文誌, vol.42, no. 9, pp. 2339-2350, Sep. 2001.
- [5] 滝沢 修, 牧野 京子, 村瀬 一郎, 松本 勉, 中川 裕志 "改行位置の調整による自然言語テキストへの情報ハイディング," SCIS2002, pp. 343-348, Jan. 2002.
- [6] 北野 宗之, 増田 英孝, 中川 裕志, "Word2003XML 文書への情報ハイディングシステム," 電子情報通信学会研究報告, vol.105, no.193, pp. 205-212, 2005.
- [7] Microsoft Office Word ホーム ページ  
<http://office.microsoft.com/ja-jp/word/default.aspx>
- [8] OpenOffice.org 日本語プロジェクト  
<http://ja.openoffice.org/>
- [9] IT 用語辞典 e-Words  
<http://e-words.jp/w/Wiki.html>
- [10] OPENXML  
<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/ms186918.aspx>