マルチメディア通信と分散処理　106－24
コンピュータセキュリティ　16－24
（２００２．２．１５）

ステガノグラフィを用いたデータ制御の方法

松本　勉　　**鈴木　雅貴**　　**井上　大介**
tsutomu@mlab.jks.ynu.ac.jp　suzuki@mlab.jks.ynu.ac.jp　dai@mlab.jks.ynu.ac.jp

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 / 環境情報学府
〒 240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

あらまし　ステガノグラフィは，あるデータ（cover data）を，機能的に近いデータ（stego data）に変え，別のデータ（embedded data）を密かに運ぶ媒体とする技術であり，鍵を使えるエンティティだけが埋込まれたデータを抽出できる．本論文では，あるメディアとして利用できるデータ（変換データ）に作用させると，変換データと同様にそのまま利用可能である別のデータ（再変換データ）に変わるような情報を生成する．そして，ステガノグラフィ技術を用いて，その情報を変換データの中に埋込む．この方法を用いて，鍵が使えるエンティティは再変換データを利用でき，鍵が使えないエンティティは変換データしか利用できないというデータ制御の方式を提案し，一例を示す．

キーワードデータ制御，ステガノグラフィ，情報ハイディング，SMF

A Method of Data Control Based on Steganography

Tsutomu MATSUMOTO　Masataka SUZUKI　Daisuke INOUE
tsutomu@mlab.jks.ynu.ac.jp　suzuki@mlab.jks.ynu.ac.jp　dai@mlab.jks.ynu.ac.jp

Graduate School of Environment and Information Sciences
YOKOHAMA NATIONAL UNIVERSITY
79-7, Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama, 240-8501 Japan

Abstract　Steganography is a technique which transmits genuine data by embedding the data into apparently an innocuous carrier. The carrier which contains the genuine data is called stego data. An entity who has a key can extract the genuine data from the stego data. In this paper, we generate data (converted data) which is available as it is and an information which translates the converted data into another data (reconverted data). The information is embedded into converted data with a steganographic technique. Adopting this approach, we propose a method of data control that an entity with a key can use reconverted data, on the other hand, an entity without the key can use only converted data.

Keywords　data control, steganography, information hiding, SMF

1　はじめに

ステガノグラフィとは，真に伝えたい情報を別の見せかけの情報の中に埋込んで送信することによって，通信当事者以外のエンティティに対して通信の存在そのものを秘匿することを目的とした技術の総称である．見せかけの情報として，キスト，画像，音楽など様々な媒体を用いた研究がされてきている．暗号通信が通信内容の守秘を目的とした通信であるのに対し，ステガノグラフィは，その守秘の対象を通信行為そのものとした通信技術である．そのため，暗号通信とは異なる技術として，注目されてきている．

既存のステガノグラフィでは，主に，媒体は真に伝えたい情報を埋込んで隠すために使われ，埋込む情報とは関係のないデータが使われる．そこで，あるメディアとして利用可能なデータと，作用させるとそのデータが別のデータに変わるような情報のペアを考え，これらをそれぞれ，媒体と埋込む情報として埋込を行う．この方法を用いると，埋込んだ情報を取り出せるエンティティは抽出した情報を作用させたデータを利用できるのに対して，埋込んだ情報を取り出すことができないエンティティは媒体のデータのみを利用できる，といったようにデータの利用に対して制御を行うことができる．本稿では，このような方法を用いたデータ制御の方式を提案する．

以下，2 章でステガノグラフィの概要を示し，3 章で対象とするデータ制御について定義し，ステガノグラフィを用いたデータ制御の方式を示す．そして，その方式の考察を 4 章で行い，5 章で SMF を用いた例を示し，最後に 6 章でまとめる．

2　ステガノグラフィ

ステガノグラフィでは，真に伝えたい情報を embedded data として，見せかけの情報（cover data）の中に埋込む．このステガノグラフィの処理フローは図 1に示すように，埋込・伝送・抽出の 3 つのプロセスから構成される．

埋込（embedding）は cover data の中に embedded data を埋込むプロセスであり，その結果，embedded data が埋込まれたデータ（stego data）が生成され，これが伝送（transmitting）される．抽出（extracting）は，stego data の中から embedded data を取り出すプロセスであり，埋込と抽出には stego key と呼ばれる鍵が使用され，stego key を持つエンティティのみが，stego data の中から embedded data を抽出できる．

また，ステガノグラフィは cover data にテキスト，画像，音楽などの様々なメディアを媒体として利用しており，embedded data を埋込んで生成される stego data にも cover data として利用したメディアの整合性を満たすことが要求される．

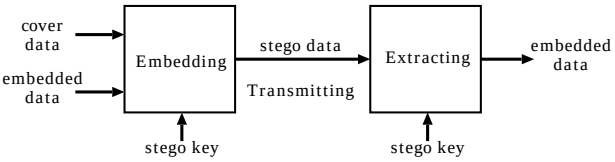

図 1: ステノガグラフィの処理フロー

3　データ制御の方法

本章では，対象とするデータ制御を示し，そのデータ制御を実現する方式を示す．

3.1　対象とするデータ制御

本節は，対象とするデータ制御の方法の要件を示す．あるメディアにおいて利用可能なデータ D をパラメータ P と鍵 K を用いて変換データ C（converted data）に変換する．変換データが世の中に流通するものとする．C は，K を用いてさらに変換され，再変換データ R（reconverted data）に形を変える．R は，K を使用できるエンティティだけが利用できるデータである．P は，C や R をどのようなデータにするのかを指定するパラメータである（図 2）．このデータ制御には次の 2 つの条件を課すものとする．

要件 1 変換データ C は，データ D と同様にそのままで利用できる．

要件 2 鍵 K を利用できるエンティティだけが C を再変換して，再変換データ R を入手できる．

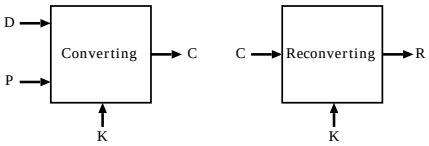

図 2: 対象とするデータ制御

このようなデータ制御を行うと，次のようなことが実現できる．例えば，D がプログラムだとする．C は，一部の機能が使えないように制限が掛けられたプログラムであるとする．K を持つエンティティは，C を再変換して，制限が解除されたプログラムが利用できる．また，K を持たないエンティティであっても，一部の機能が使えない状態で C を利用できる．

上記の 2 つの要件以外に選択的に選べる性質として，

性質 3 C を改変すると，K を持っているエンティティであっても R が入手できなくなる，

という性質も考えられる．これは，変換データ C の中に D の管理情報が含まれている時に，C を改変して管理情報を壊すという攻撃に対して，C を改変すると R が入手できなくなるという抑止力として働くと考えられる．また，変換で用いる鍵と再変換で用いる鍵が同じではなく，再変換で用いる鍵を複数用意し，鍵ごとに得られる再変換データを変える方法も考えられる．

3.2 要件を満たすデータ制御の実現手法

本節では，前述のデータ制御の要件を満たすための実現手法を示す．データ制御の要件 1（C は，そのままで利用可能）を満たす場合として，C が乱数として利用可能という状況を想定すると，2 つの要件を満たしたデータ制御の方法は，例えば，共通鍵暗号方式や公開鍵暗号方式を用いて実現できる．

C が乱数ではなく，画像・音声・テキストといったデータの変更に関して乱数よりも制約の大きいメディアとして利用可能であるとした場合，ステガノグラフィの特徴である，cover data が満たすメディアの整合性を stego data も満たすという性質を用いることで，対象とするデータ制御の方法が実現できる．

3.3 ステガノグラフィを用いたデータ制御の方式

ステガノグラフィを用いた対象とするデータ制御の方式として以下が考えられる．データ D を変換し，そのままでも利用可能なデータ X と，X に作用させると X が更に別のデータ R に変わるような情報 Y を生成し，ステガノグラフィの埋込方式を用いて，X の中に Y を暗号化したものを埋込む．鍵 K を持つエンティティは，埋込まれた情報を抽出し，X と作用させて R を入手でき，K を持たないエンティティは R を利用できず，X のみが利用可能である．

この方式は，鍵生成・埋込の前処理・暗号化・埋込のプロセスからなる変換処理と，鍵生成・抽出・復号・後処理のプロセスからなる再変換処理によって構成される（図 3）．各処理ごとの手順を次に示す．

変換処理（Converting）

鍵生成（Key generating） 鍵 K より，K_A，K_B，K_C を生成する．

前処理（Pre-processing） 前処理は，あるメディアとして利用可能なデータ D をパラメータ P を用いて変換し，そのままでも何らかのメディアとして利用可能なデータ X と X に作用させることで，データ R が得られるデータ Y を生成する．また，D を変換する際に，鍵 K_A を用いる．

暗号化（Enciphering） 暗号化は，共通鍵方式で行い，鍵 K_B を用いて，Y を Z に暗号化する．

埋込（Embedding） 埋込では，X をステガノグラフィの cover data，Z を embedded data とみなし，鍵 K_C を用いて Z を X の中に埋込み，変換データを生成する．

再変換処理（Reconverting）

鍵生成（Key generating） 鍵 K より，K_A，K_B，K_C を生成する．

抽出（Extracting） 抽出では，K_C を用いて，C から Z を取り出す．

復号（Deciphering） 復号では，K_B を用いて，Z を Y に復号する．

後処理（Post processing） 後処理では，K_A を用いて，得られた Y を C に作用させて，R を生成する．

4 ステガノグラフィを用いたデータ制御方式の考察

4.1 前処理と埋込処理間の制約

ステガノグラフィを用いたデータ制御方式が，実現するための条件を考える．前処理プロセスにより，X と X に作用させることで R が得られる情報 Y が生成される．X は埋込プロセスにより C に変わり，後処理プロセスでは，Y を C に作用させると R が得られる．つまり，X に埋込を行って X が C になっても，Y を用いて C から R が生成されることがこのデータ制御方式が実現するための条件である．

埋込処理は，媒体の持つ冗長な情報を変化させて情報を埋込むため，X は埋込によって変化する．そのため，埋込処理は，Y を作用させて X から R を生成する処理に影響を与えない情報を用いなければならない．逆に，Y を作用させて X から R を生成する処理に影響を与える情報に対して埋込を行った場合，この埋込処理によって生成される C に Y を作用させても R が得られない．

4.2 要件を満たす理由

ステガノグラフィを用いたデータ制御方式が，2 つの要件を満たしているかを確認する．1 つ目の要件，“C がそのまま利用可能,” について考える．前処理によってそのまま利用可能なデータ X が生成されたとする．C は X に Z を埋込むことで生成される．ステガノグラフィ技術は，埋込によって生成される stego data が cover data として利用したメディアの整合性を満たすため，X を cover data，C を stego data としている本方式では，C は X と同じメディアの整合性を満たしており，そのまま利用可能であるため要件 1 を満たしている．

2 つ目の要件，“K を持つエンティティのみが R を入手可能,” について考える．K を持つエンティティが R を入手できるのは明らかである．K を持たないエンティティ（攻撃者と呼ぶ）が R を入手するには，C から Z を抽出し，さらに Z から Y を求めなければならない．本方式の埋込・抽出プロセスに用いた埋込・抽出方式が，K_C を持たないエンティティの抽出攻撃に対して耐性がなくとも，共通鍵方式の暗号を採用しているため，攻撃者が Z から Y を求められるかどうかは，暗号方式の安全性に依存することになる．本方式で安全性の高い暗号方式を用いれば攻撃者が R を入手することはできない．よって，要件 2 を満たしている．

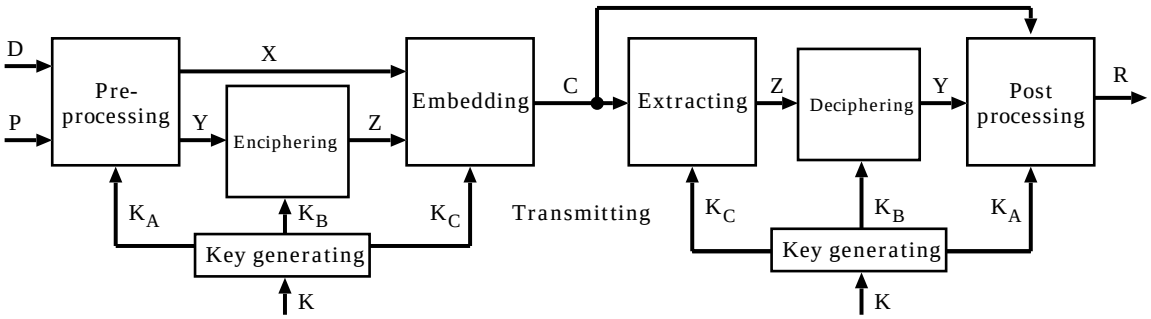

図 3: ステガノグラフィを用いたデータ制御方式の処理フロー

4.3 データ制御方式への攻撃

ステガノグラフィを用いたデータ制御方式への攻撃を考える．攻撃者の目的が，鍵 K を持つエンティティ（送信者，受信者とする）間を流れる C を改変して，受信者が R を入手できないように妨害することだとする．攻撃者は，送信者が送信した C を改変し，改変したデータ C' を受信者に渡すことができるとする．受信者が R を入手するためには，C' から正しく Z を抽出し，それを復号した Y を C' に作用させ，再変換された C' が R となることが必要である．

攻撃者の改変に対し，受信者が正しく Z を抽出できるようにするためには，ステガノグラフィや電子透かしの分野において，stego data の改変による embedded data の破壊・消去・無効化といった攻撃に耐性のある埋込・抽出方式を，埋込・抽出プロセスに用いればよい．しかし，Z を正しく抽出できたとしても，4.1 節で示した Y を作用させて X から R を生成する処理に影響を与える情報が攻撃によって改変されると，Y を用いて C' から R を得ることができなくなる．

5 提案方式の適用例

本章では，提案するデータ制御方式の具体例として，演奏データファイルである SMF（Standard MIDI File）を媒体としたステガノグラフィ方式–SMF ステガノグラフィ–を用い，変換プロセスにより，変換データである，元の SMF と異なる品質の SMF を生成する．そして，鍵を持つエンティティは，再変換プロセスにより変換データの品質を元の品質に戻した SMF を入手・利用でき，鍵を持たないエンティティは変換データのままでしか利用できないという，SMF のデータ制御を示す．

以下，SMF，及び SMF ステガノグラフィの概要に触れ，元の SMF から品質を変更した SMF とその変更を戻す情報を生成する手法について示す．

5.1 SMF について

SMF は MIDI の演奏データの保存形式を定めた標準のファイル・フォーマットであり，端的にいえばディジタル化された楽譜である．SMF では，1 つの音符の情報はノート・オンとノート・オフという，それぞれ発音と消音を表す 2 つの MIDI イベントとして記述される．これら 2 つの MIDI イベントは，ステータス・バイト，ノート番号，ベロシティの 3 つの情報（それぞれ 1[$byte$]）が連結された次のような形式をもつ [5][6][7].

ノート・オン：9cH kk vv
ノート・オフ：8cH kk vv

ステータス・バイト（9cH または 8cH）の上位 4[bit] は MIDI イベントの種類を表し，下位 4[bit] はチャネル（$c = 0, 1, \ldots, 15$）を表す．ノート番号（$kk = 0, 1, \ldots, 127$）は音程を表し，鍵盤中央 C を 60 として半音単位で値が割り当てられている．ベロシティ（$vv = 0, 1, \ldots, 127$）は打鍵の速さを表す値で，ノート・オン・ベロシティは音の強さを表し，ノート・オフ・ベロシティは一般に音色のリリース・タイムのコントロールに利用される．なお，ベロシティ 0 のノート・オンは，ノート・オフと等価に扱われる．

5.2 SMF ステガノグラフィの基本アイディア

SMF の実体は，ノート情報がデルタ・タイムと呼ばれるイベント間の時間間隔を示す情報に連結されて，1 次元的に配置されたデータ構造である．SMF で同時に実行されるノート情報は，デルタ・タイム 0 で互いに連結されており，MIDI 規格ではそれらの表記順序については特に規定していない．SMF ステガノグラフィでは，この同時に実行されるノート・オンおよびノート・オフの集まりを同時ノートと呼び，特に n 個のノート情報から構成される同時ノートを n 音同時ノートと呼んでいる．n 音同時ノートには，それを構成する n 個のノート情報の順序を並べ替えることによって，全く同じ演奏音で $n!$ 通りの表記方法があり，ゆえに n 音同時ノートには，少なくとも $[log_2 n!][bit]$ の情報を演奏音を変化させることなく埋込むことが出来る．

文献 [3] で行った，SMF ステガノグラフィによる SMF への埋込率（カバー SMF に対する埋込可能情報の割合）の計測実験では，平均で約 1[%] という結果が得られている．

5.3 SMF の品質を変える方法

SMF の演奏音を変更するために，本稿では以下のアプローチを用いる．

変更方法 1 ノート情報を変更する．
変更方法 2 ノート情報を消去する．
変更方法 3 ノート情報を挿入する．

岩切らは，SMF 内のノート情報同士の置換えによって，SMF の品質を変える方法を提案しており，半雑音化と呼んでいる [4]．この方法は，ノート情報のうちの時間情報の変更と捉えることができるため，変更方法 1 に含まれる．

変更方法 1：ノート情報の変更

変更方法 1 は，元の SMF のノート情報に含まれるパラメータや，ノート情報が連結されているデルタ・タイムを変える方法である．具体的には，ノート・オン，ノート・オフのチャネル，ノート番号，ベロシティを変更したり，デルタ・タイムを変更したりする方法が挙げられる．チャネルの変更は，発音されるノートの音色を他のチャネルの音色に変える処理にあたり，ノート番号の変更は，ノートを違う音程のノートに変える処理にあたる．ベロシティの変更は，発音される音の強さを変える処理にあたり，ベロシティを小さくすることで，人の耳に聞こえないくらい小さな音に変更したり，逆に，ベロシティを大きくすることで，元の音よりも強く発音させることができる．また，時間情報の変更は，ノートの発音・消音されるタイミングをずらす処理にあたる．ノート番号を変更する処理の例を図 4に示す．

品質が変更された SMF を元の品質に戻すためには，どのノート情報の何のパラメータをどれだけ変更したのか，という情報が必要となる．

```
⋮
(Meas-----Ch-Event--noteNO---Vel)
2:1:092  1 N_On  59(B3 ) 61
2:1:096 10 N_On  42(F#2) 63
2:2:000  2 N_On  74(D5 ) 53
2:2:000  2 N_On  79(G5 ) 47
2:2:036  1 N_Off 69(A4 ) 64
2:2:064  6 N_On  62(D4 )102
2:2:080  6 N_Off 64(E4 ) 64
2:3:005 10 N_Off 42(F#2) 55
⋮
```

(a) Before changing

```
⋮
(Meas-----Ch-Event--noteNO---Vel)
2:1:092  1 N_On  59(B3 ) 61
2:1:096 10 N_On  60(C4 ) 63
2:2:000  2 N_On  74(D5 ) 53
2:2:000  2 N_On  79(G5 ) 47
2:2:036  1 N_Off 69(A4 ) 64
2:2:064  6 N_On  54(F#3)102
2:2:080  6 N_Off 64(E4 ) 64
2:3:005 10 N_Off 60(C4 ) 55
⋮
```

(b) After changing

図 4: ノート番号の変更

変更方法 2：ノート情報の消去

変更方法 2 は，ノート情報そのものを取り除く方法である．具体的には，ノート・オンとそれに対応する，ノート・オフ（ノート・オンと，チャネル及びノート番号が同じ）を取り除く方法が挙げられる．ノート情報の消去は，そのノートの消音と同じ効果があるが，単に消音するだけでなく，ノート情報そのものを取り除くため，そこにノート情報が存在していたという情報も取り除くことができる．

品質の変更された SMF の品質を元に戻すためには，取り除いたノート情報そのものと，そのノート情報がどこに存在していたのかという位置情報が必要となる．

変更方法 3：ノート情報の挿入

変更方法 3 は，元の SMF に余分なノート情報を追加する処理である．具体的には，ノート・オンとそれに対応するノート・オフを挿入する方法が挙げられる．ノート情報をノート・オン，ノート・オフの順に挿入する方法は，元々ノートが発音されていないタイミングで，ノートを新たに発音させる処理にあたり，元の SMF の発音している状態のノートに対応させて，ノート・オフ，ノート・オンの順に挿入する方法は，発音されているノートを止め，再び発音させるという処理にあたる．

品質の変更された SMF の品質を元に戻すためには，どのノート情報が挿入されたノート情報なのかを特定する情報が必要となる．

5.4 品質変更の処理の実証実験

元のデータ D の品質を変化させて X を作り，X が D と同じ品質に復元できるようにするためには，品質を元に戻すための情報 Y のデータ量は，X に埋込めるデータ量（埋込可能情報量と呼ぶ）以下でなければならない．そこで，Y は C の埋込可能情報量以下，かつ，C から Y を作用させて得られる Rが D と同じ品質になるという条件の下，SMF ステガノグラフィと，5.3 節の変更方法 1 で示したアプローチのうち，ベロシティを変更する方法とノート番号を変更する方法で，どの程度まで D の品質を変更することができるのかを調べた．

ヤマハ株式会社の Web サイト内のフリー MIDI データライブラリ [8] において，2002 年 1 月 18 日現在公開されている 356 個の SMF のうち，ファイル・サイズと埋込率が平均的な SMF（nw33xg.mid，以下.mid を省略）を使用した（表 1）．

表 1: 実験に用いた SMF

File Name	Time	File Size [byte]	EDS [bit]	ER [%]
nw33xg.mid	1:48	21,704	1916	1.10

（EDS: 埋込可能情報量，ER: 埋込率）

ベロシティの変更

元の SMF D のノートのベロシティを変更し，ノートの音を大きくしたり，小さくしたりすることで D の品質を変更した SMF X を生成した．

ノート・オフ・ベロシティは，一般にリリース・タイムのコントロールに使われるが，ノート・オフ・ベロシティに対応した MIDI 機器が少なくほとんど使用されないため [7]，ノート・オフ・ベロシティを変えてもほとんどの環境では演奏音が変化しないと考え，ノート・オン・ベロシティを変更することにした．また，4.1

節の考察より，SMF ステガノグラフィが埋込に利用する同時ノート内のノートの並びに関する情報と，品質を変更するのに利用する情報が，互いに影響を与えないようにするために，同時ノートに含まれない，単音で発音されるノートのベロシティのみを変更の対象とした．実験では，nw33xg に含まれる 2407 ノート中，単音で発音される 805 ノートを対象とした．

ベロシティは 0〜127 の範囲の値を取るため，1 ノートのベロシティを変更する毎に 7[bit] の復元情報が必要となる．nw33xg の埋込可能情報量は 1916[bit] であり，最大で 273 ノート分のベロシティを変更できるが，どのノートのベロシティを変更したのかを示す情報も復元には必要であり，実験では，対象とする 805 ノートのうち先頭から 3 ノートに 1 ノートの割合でベロシティを変更した．これは，全 2407 ノート中 268 ノート，つまり約 9 ノートに 1 ノートの割合でのベロシティの変更であり，復元情報量は，各ベロシティの値の合計 1876[bit]（= 7[bit] × 268）と 3 ノートおきというノートの位置情報である．

実験では，変更後のベロシティを全て 1 にした SMF と，全て 127 にした SMF の 2 つを生成した．それぞれ，X-1，X-127 とする．D と比較すると，X-1 は発音されていない演奏音があり，品質の変化がみられた．これに比べ，X-127 は，ベロシティの変更によって強く発音された演奏音がわかりづらかった．これは，発音されているノートを更に強く発音するよりも，発音されている音を消す処理の方が影響を感じ易かったためだと言えるが，この 2 つの処理の影響は元となる曲にも依存してくるため，一概にベロシティを小さくする処理が，大きくする処理よりも品質を変化させるのに効果的だとは言えない．

ノート番号の変更

元の SMF D のノートのノート番号を変更し，発音されるノートの音程を変化させることで，D の品質を変更した SMF X を生成した．

1 ノートの発音と消音は，ノート・オンとそれに対応した，チャネルとノート番号が同じノート・オフから成り，ノートの音程を変更する時は，ノート・オンとノート・オフ両方のノート番号を一緒に変更しなければならない．ベロシティの変更の場合と同じ理由により，単音で発音されているノート・オンと，それに対応したノート・オフのノート番号を対象とし，実験では，nw33xg に含まれる全 2407 ノート中，単音で発音される 805 ノートを対象とした．

1 ノートのノート番号を変更した時の復元情報が，ベロシティの変更と同じであるため，実験で，ノート番号を変更したノート・オンの選び方も同様にして決定した．つまり，単音で発音される 805 個のノート・オンの先頭から 3 ノートに 1 ノートの割合で 268 個のノート・オンのノート番号を変更し，それらのノート・オンに対応したノート・オフのノート番号も変更した．復元情報量は，各ノート・オンとそれに対応したノート・オフのノート番号の値の合計 1876[bit]（= 7[bit] × 268）と 3 ノートおきというノートの位置情報である．

実験では，nw33xg 内で 使用されていないか， ほとんど使用されていない 音階を変更後のノート番号に用い，元のノート番号をどんな値に変えるのか，条件を変えて 6 種類の X を生成した．それぞれの X は，変換後のノート番号を，全て 31(G1)，全て 43(G2)，全て 55(G3)，全て 67(G4)，全て 79(G5)，全て 91(G6) と変えた SMF で，それぞれ X-G1，X-G2，X-G3，X-G4，X-G5，X-G6 と呼ぶことにする．また，ノート番号が大きくなるほど，高い音を表す．どの SMF も品質の変化がみられた．高い音に変更した SMF（X-G6，X-G5）は，変更した音がはっきり聞こえたのに対し，低い音に変更した SMF（X-G1，X-G2）は，元の曲と変更した音がまざり，耳障りな感じに音が変化した．

6 まとめ

本稿では，次の 2 つの要件を満たすデータ制御の方法を提案した．

要件 1 メディアとして利用可能なデータを変換し，得られた変換データはそのまま利用可能である．

要件 2 鍵を持つエンティティは変換データをさらに再変換したデータを利用可能である．

このようなデータ制御の方法の例として，ステガノグラフィを用いたデータ制御の方式を示し，さらに具体例として，SMF に関するデータ制御の方法を示し実験を行った．

参考文献

[1] 松本 勉, 井上 大介, 北林 創太, “演奏データファイル SMF への情報ハイディング方式,” 2000 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム講演論文集, SCIS2000-C03, 2000.

[2] Daisuke Inoue, Tsutomu Matsumoto, “Standard MIDI Files steganography,” IEEE-PCM 2000 Conference Proceedings, pp.328–331, 2000.

[3] 井上 大介, 松本 勉, “SMF ステガノグラフィにおける埋込可能情報量,” 信学技報, ISEC2001-51, pp.239–246, 2001.

[4] 岩切 宗利, 関根 健一郎, 山本 紘太郎, 松井 甲子雄, “ 楽音符号への電子透かしに関する一提案,” 2001 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム講演論文集, SCIS2001-15C-3, 2001.

[5] 音楽電子事業協会, MIDI 1.0 規格書, リットーミュージック, 1998.

[6] The MIDI Manufactures Association, The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification, document version 96.1, 1996.

[7] 新井 純, SMF リファレンス・ブック, リットーミュージック, 1996.

[8] ヤマハ株式会社, Free MIDI Data Library (http://www.yamaha.co.jp/xg/download/freemidi/).