



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I454151 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：098135883

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 10 月 23 日

(51)Int. Cl. : **H04N19/134 (2014.01)**

(30)優先權：2008/10/27 日本 2008-275811

(71)申請人：日本電信電話股份有限公司 (日本) NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：高村誠之 TAKAMURA, SEISHI (JP)；松村誠明 MATSUMURA, MASA AKI (JP)；
八島由幸 YASHIMA, YOSHIYUKI (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

US 6505299B1

WO 9602895A1

"Evolvable hardware for lossless compression of very high resolution bi-level images" by H. Sakanashi etc. 2004/07/31

"Evolvable Hardware at Function Level" by Tetsuya Higuchi etc. 1997/4/31

審查人員：李國福

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：14 共 0 頁

(54)名稱

像素預測值產生程序自動產生方法、裝置、程式，影像編碼方法、裝置、程式，影像解碼方法、裝置、程式，及記錄有此等程式之記錄媒體

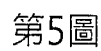
PREDICTED PIXEL VALUE GENERATION PROCESS AUTOMATIC PRODUCING METHOD, IMAGE ENCODING METHOD, IMAGE DECODING METHOD, DEVICES THEREFOR, PROGRAMS THEREFOR, AND STORAGE MEDIA WHICH STORE THE PROGRAMS

(57)摘要

一種預測值產生程序自動產生方法，使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值，其中，隨機產生以樹狀構造表示之預測值產生程序，用來產生母集團，從上述母集團中選擇成為親代之複數個預測值產生程序，以該等作為處理對象，根據實行既存之預測值產生函數能成為樹之終端節點的預定之樹狀構造進化技巧產生成為子代之 1 個或複數個預測值產生程序，以上述子代和親代之預測值產生程序作為選擇對象，使用表現樹狀構造用之資訊量及從利用該樹狀構造獲得之像素預測值進行估計而得之像素編碼量之和，作為評估成本，選擇在對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序，經由重複進行處理產生最終之預測值產生程序。

A method for automatically producing a process of generating a predicted value of an encoding target pixel by using an already-decoded pixel includes generating a population by producing predicted value generation processes at random, each of which is represented by a tree structure; selecting predicted value generation processes as parents from the population; producing one or more predicted value generation processes as children based on a predetermined tree structure evolution method which subjects the parents to an existing predicted value generation function which is functionable as a terminal node; selecting one

- 1. 進化預測器產生裝置
- 10. 母集團產生部
- 11. 母集團記憶部
- 12. 親代個體選擇複製部
- 13. 子代個體產生部
- 14. 突變用資訊記憶部
- 15. 評估值算出部
- 16. 生存個體決定部
- 17. 收斂判定部
- 18. 進化預測器決定部



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：P8135883

※ 申請日：88.10.23 ※IPC 分類：H04N 19/134 (2014.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

像素預測值產生程序自動產生方法、裝置、程式，影像編碼方法、裝置、程式，影像解碼方法、裝置、程式，及記錄有此等程式之記錄媒體

PREDICTED PIXEL VALUE GENERATION PROCESS AUTOMATIC PRODUCING METHOD, IMAGE ENCODING METHOD, IMAGE DECODING METHOD, DEVICES THEREFOR, PROGRAMS THEREFOR, AND STORAGE MEDIA WHICH STORE THE PROGRAMS

二、中文發明摘要：

一種預測值產生程序自動產生方法，使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值，其中，隨機產生以樹狀構造表示之預測值產生程序，用來產生母集團，從上述母集團中選擇成為親代之複數個預測值產生程序，以該等作為處理對象，根據實行使既存之預測值產生函數能成為樹之終端節點的預定之樹狀構造進化技巧產生成為子代之1個或複數個預測值產生程序，以上述子代和親代之預測值產生程序作為選擇對象，使用表現樹狀構造用之資訊量及從利用該樹狀構造獲得之像素預測值進行估計而得之像素編碼量之和，作為評估成本，選擇在對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序，經由重複進行處理產生最終之預測值產生程序。

三、英文發明摘要：

A method for automatically producing a process of generating a predicted value of an encoding target pixel by using an already-decoded pixel includes generating a population by producing predicted value generation processes at random, each of which is represented by a tree structure; selecting predicted value generation processes as parents from the population; producing one or more predicted value generation processes as children based on a predetermined tree structure evolution method which subjects the parents to an existing predicted value generation function which is functionable as a terminal node; selecting one of the parent and child predicted value generation processes which has the best evaluation cost for encoding an encoding target image, where the evaluation cost is the sum of an amount of information used for representing the tree structure and an amount of code evaluated based on a predicted pixel value obtained by the tree structure; and producing a final predicted value generation process via repeated operations.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 5 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 進化預測器產生裝置
- 10 母集團產生部
- 11 母集團記憶部
- 12 親代個體選擇複製部
- 13 子代個體產生部
- 14 突變用資訊記憶部
- 15 評估值算出部
- 16 生存個體決定部
- 17 收斂判定部
- 18 進化預測器決定部

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明有關於：自動產生用以實現高精確度之像素值預測之像素預測值產生程序之像素預測值產生程序自動產生方法和裝置；安裝利用上述裝置所產生之像素預測值產生程序，用來有效對影像進行編碼之影像編碼方法和裝置；對利用該影像編碼產生之編碼資料有效進行解碼之影像解碼方法和裝置；以及用以實現該等方法之程式和記錄有該程式之電腦可讀取之記錄媒體。

本申請案根據在 2008 年 10 月 27 日提出之日本特願 2008-275811 號申請案主張優先權，在此處援用其內容。

【先前技術】

在影像編碼時，使用已被解碼之前或上等之像素，預測編碼對象之像素值，對預測殘值進行編碼之預測編碼方式成為主流。

在該預測編碼方式中，當欲對即將開始編碼之像素（設為 p ）進行編碼時，一般係利用周邊之解碼過之像素（例如，第 14 圖所示之 Inw 、 In 、 Ine 、 Iw 等）與 p 具有高相關的性質，而使用該等來產生 p 之預測值。以下將 p 之預測值設為 p' 。然後，對預測誤差 $p - p'$ 進行熵編碼。

例如 JPEG（參照非專利文獻 1）之 Lossless Mode 具有 7 種之預測器，選擇其中之一對像素值進行預測、編碼。

例如 JPEG 之預測器的技巧之一之被稱為「平均預測」者，係利用 In 和 Iw 之平均預測為

$$x' = (I_n + I_w) / 2 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式(1)}$$

另外有，

$$x' = I_n + I_w - I_{nw} \quad \text{平面預測} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式(2)}$$

$$x' = I_n \quad \text{前值預測} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式(3)}$$

$$x' = I_{nw} + (I_n - I_w) / 2 \quad \text{複合預測} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式(4)}$$

等 6 種。

在較 JPEG 更提高效率之預測編碼方式 JPEG-LS(參照非專利文獻 2)中，使用下列所示之被稱為「MED 預測」之稍微複雜之預測方法。

If $I_{nw} \geq \max(I_w, I_n)$ then

$$x' = \min(I_w, I_n)$$

elses if $I_{nw} \leq \min(I_w, I_n)$ then

$$x' = \max(I_w, I_n)$$

elses

$$x' = I_w + I_n - I_{nw}$$

在此， $\max(x, y)$ 是使 x, y 中之大的一方返回， $\min(x, y)$ 是使 x, y 中之小的一方返回之函數。

另外，將周邊像素之加權平均設為預測值之方法為一般之方法，簡單地說亦存在有利用每個影像之最小平方法求得各個周邊像素之加權，而以編碼量成為最小之方式使係數最佳化之方法(參照非專利文獻 3)。

另外，雖不屬於預測編碼之範圍，但在影像、映像編

碼之編碼參數之最佳化所使用之「遺傳演算法」(Genetic Algorithm, GA) 之方式有下列之非專利文獻 4，對 2 進制影像進行編碼時產生上下文之「樣板」利用遺傳演算法使其變化，用來改善效率。樣板視為一種之參數，編碼程序為固定。

作為同樣之方向性之技巧而言，在下列之非專利文獻 5 中，利用遺傳演算法動態地變化編碼之單位區域分割形狀，用來改善效率。此種亦與非專利文獻 4 之樣板同樣地，編碼程序本身為固定。

[先前技術文獻]

[非專利文獻]

[非專利文獻 1] ISO/IEC SC29/WG1, ISO/IEC 10918-1 "Digital compression and coding of continuous-tone still images", p. 133, 1993

[非專利文獻 2] M. Weinberger, G. Seroussi, G. Sapiro, "The LOCO-1 Lossless Image Compression Algorithm: Principles and Standardization into JPEG-LS", IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, NO. 8, pp. 1309-1324, August 2000

[非專利文獻 3] Ichiro Matsuda, Nau Ozaki, Yuji Umezu and Susumultoh, "Lossless Coding Using Variable Block-Size Adaptive Prediction Optimized for Each Image", Proceedings of 13th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2005), WedAmP03, Sep. 2005.

[非專利文獻 4] 田中，坂無，溝口，樋口：“使用遺傳演算法之數位印刷影像之 2 進制影像編碼”，電子情報通信學會論文誌 D-11 vol.J83-D-11，no.5，pp.1274-1283，May 2000

[非專利文獻 5] 高木，小池，松本，山本：“使用遺傳演算法之動影像移動補償・領域分割編碼方式”，電子情報通信學會論文誌 D-11 vol.J83-D-11，no.6，pp.1437-1445，June 2000

【發明內容】

(發明所欲解決之問題)

如上所述，在習知之預測方式中，只具有在每個影像使加權等之數值參數最佳化之程度之彈性，預測計算使用那個像素，條件分支使用那個式之「預測程序」為固定。

亦即，新的預測程序只在人類試誤法式地試行時產生。因此，預測器之構成不能超過人類可把握之程度之複雜。

另外，以依每個影像新產生特化輸入影像之預測程序之方式並不存在。

另外，在影像處理應用時，作為處理目標之影像，亦即「教師資訊」需要由人類製作並給予。

針對上述之問題，本發明之目的是在於提供有助於高效率之編碼、解碼之新技術，藉此雖在「預測值產生時使用解碼過之周邊像素」此點與先前技術之預測方法相同，但實現利用計算機自動產生更能削減編碼量之適用在被輸

入之影像的預測程序。

(解決問題之手段)

〔1〕本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置之構造

首先說明本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置之構造。

本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置，用來實現使用解碼過之像素預測編碼對象之像素之值之預測值產生程序之自動產生者，要將其實現時具備有：(1)第 1 手段，隨機產生以樹狀構造表示之預測值產生程序，用來產生母集團；(2)第 2 手段，從母集團中選擇成為親代(parents)之複數個預測值產生程序，以該等作為處理對象，根據實行使既存之預測值產生函數可成為樹之終端節點之預定之樹狀構造進化技巧產生成為子代(children)之 1 個或複數個預測值產生程序；(3)第 3 手段，以子代之預測值產生程序和親代之預測值產生程序作為選擇對象，使用表現樹狀構造用之資訊量及從利用該樹狀構造獲得之像素預測值進行估計而得之像素編碼量之和，作為評估成本，選擇對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序，將該被選擇之預測值產生程序和其以外之 1 個或複數個預測值產生程序保存在母集團；以及(4)第 4 手段，控制第 2 和第 3 手段之處理重複進行至滿足預定條件為止，將其結果所得之表示最佳之評估成本之預測值產生程序產生作為最終之預測值產生程序。

採用此種構造時第 2 手段，對於輸出影像內之座標值之函數亦根據實行使可成為樹之終端節點之預定之樹狀構造進化技巧產生子代之預測值產生程序。

另外，第 1 手段，以將既存之預測值產生函數加入到上述母集團之方式，用來產生母集團。

使以上之各個處理手段動作所實現之本發明之像素預測值產生程序自動產生方法，亦可以以電腦程式實現者，該電腦程式可由記錄在適當之電腦可讀取之記錄媒體來提供，或經由網路提供，在實施本發明時，藉由安裝而在 CPU 等之控制手段上動作來實現本發明。

在以此方式構成之本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置中，當隨機地產生以樹狀構造表示之像素預測值之產生程序，用來產生母集團時，從母集團選擇成為親代之複數個測值產生程序，以該等作為處理對象，根據預定之樹狀構造進化技巧，產生成為子代之 1 個或複數個預測值產生程序，使用表現樹狀構造用之資訊量(利用後述之演算法 1 等求得)及從利用該樹狀構造獲得之像素預測值(利用後述之演算法 2 等求得)進行估計而得之像素編碼量之和，作為評估成本，選擇對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序。然後，重複地進行將該被選擇之預測值產生程序和其以外之預測值產生程序保存在母集團，用來實現新穎的像素預測值之產生程序之自動產生。

依照此種方式，本發明之像素預測值產生程序自動產

生裝置，根據遺傳式程式設計之樹狀構造進化技巧，自動產生新的像素預測值之產生程序，用來實現高精確度之像素值預測，這時，使用表現樹狀構造用之資訊量和從利用該樹狀構造獲得之像素預測值進行估計而得之像素編碼量之和，作為評估成本，所以可以抑制樹之肥大，並自動地產生實現高效率之影像編碼的像素預測值之產生程序。

然後，這時使既存之預測值產生函數可成為樹之終端節點，實行該樹狀構造進化技巧，可以擔保與先前技術方式同等之預測效率。

為了使此種實現更確實，在產生母集團時，以將既存之預測值產生函數之樹狀構造加入到母集團之方式產生母集團。

而且，這時對於輸出影像內之座標值之函數亦以能成為樹之終端節點的方式，實行該樹狀構造進化技巧，利用該實行，可以依照影像內部之構造，使用 x, y 之座標值局部地切換像素預測值之產生程序。

〔2〕本發明之影像編碼裝置和影像解碼裝置之構造 (之 1)

在採用對解碼側傳達自動產生之像素預測值之產生程序之構造之情況時，本發明之影像編碼裝置和影像解碼裝置以下列之方式構成。

〔2-1〕本發明之影像編碼裝置之構造

本發明之影像編碼裝置在採用對解碼側傳達像素預測值之產生程序之構造之情況時，具備有：(1)第 1 手段，

依照本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置實行之處理，產生在對編碼對象影像進行編碼之情況時，表示最佳之評估成本之預測值產生程序；(2)第 2 手段，對第 1 手段產生之預測值產生程序進行編碼(利用後述的演算法 3 等進行編碼)；(3)第 3 手段，根據在第 1 手段產生之預測值產生程序，產生編碼對象影像所具有之像素之預測值(利用後述之演算法 2 等產生)；以及(4)第 4 手段，對根據在第 3 手段產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

使以上之各個手段動作所實現之本發明之影像編碼方法為可以以電腦程式實現者，該電腦程式記錄在適當之電腦可讀取之記錄媒體來提供，或經由網路提供，在實施本發明時，透過安裝而在 CPU 等之控制手段上動作用來實現本發明。

依照此種構造，本發明之影像編碼裝置實現由本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置所產生之高精確度之像素值預測，和使用實現高效率之影像編碼的像素預測值之產生程序實行影像之編碼，所以可以實現高效率之影像編碼。

〔2-2〕本發明之影像解碼裝置之構造

本發明之影像解碼裝置為了對〔2-1〕所記載之本發明之影像編碼裝置所產生之編碼資料進行解碼，其構成具備有：(1)第 1 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置所實行的處理而產生之預測值產生程序之編碼資料進行解碼(利用

後述之演算法 4 等解碼)；第 2 手段，根據在第 1 手段解碼之預測值產生程序，產生解碼對象影像所具有之像素之預測值(利用後述之演算法 2 等產生)；(3)第 3 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對藉由根據在第 1 手段解碼之預測值產生程序產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及(4)第 4 手段，根據在第 2 手段產生之像素預測值和在第 3 手段解碼之預測殘值信號，將解碼對象影像復原。

使以上之各個處理手段動作所實現之本發明之影像解碼方法為可以以電腦程式實現者，該電腦程式記錄在可由適當之電腦可讀取之記錄媒體來提供，或經由網路提供，在實施本發明時，透過安裝而在 CPU 等之控制手段上動作用來實現本發明。

依照此種構造，本發明之影像解碼裝置用來實現對〔2-1〕所記載之本發明之影像編碼裝置所產生之編碼資料進行解碼。

〔3〕本發明之影像編碼裝置和影像解碼裝置之構造(之 2)

對於在編碼側編碼之影像，在編碼側亦可以產生解碼影像。在該等之編碼側和解碼側可以共同保有相同之解碼影像，藉此可以實現不需要將於本發明之實現時所必要之將像素預測值之產生程序從編碼側傳送到解碼側。

因此，在本發明為了實現此事項，本發明之影像編碼裝置和影像解碼裝置以下列之方式構成。

〔3-1〕本發明之影像編碼裝置之構造

本發明之影像編碼裝置在採用不將像素預測值之產生程序傳達到解碼側之構造之情況時，具備有：(1)第1手段，使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序，對具有預定大小之編碼對象影像部分進行編碼；(2)第2手段，對於在第1手段編碼時獲得之編碼對象影像部分之解碼影像進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置所實行之處理，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；(3)第3手段，根據在第2手段產生之預測值產生程序，對在第1手段未被編碼之編碼對象影像部分之像素產生預測值(利用後述之演算法2等產生)；以及第4手段，對根據在第3手段產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

藉以上之各個手段動作所實現之本發明之影像編碼方法為可以以電腦程式來實現者，該電腦程式記錄在適當之電腦可讀取之記錄媒體而提供，或經由網路提供，在實施本發明時，透過安裝而在CPU等之控制手段上動作用來實現本發明。

依照此種構造，本發明之影像編碼裝置係使用由本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置所產生之實現高精度之像素值預測，和實現高效率之影像編碼的像素預測值之產生程序實行影像之編碼，所以可以實現高效率之影像編碼。

而且，本發明之影像編碼裝置使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序，對具有預定大小之編碼對象影像部分進行編碼，藉此產生可以與解碼側共同保有的該編碼對象影像部分之解碼影像，而使用其產生即使在解碼側亦可以產生之表示最佳之評估成本之預測值產生程序，所以可以實現不將像素預測值之產生程序傳達到解碼側之目的。

〔3-2〕本發明之影像解碼裝置之構造

本發明之影像解碼裝置為了對〔3-1〕所記載之本發明之影像編碼裝置所產生之編碼資料進行解碼，具備有：

(1)第1手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序所編碼之具有預定大小之解碼對象影像部分之編碼資料進行解碼；(2)第2手段，在對第1手段解碼之解碼對象影像部分進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之本發明之像素預測值產生程序自動產生裝置所實行之處理，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；(3)第3手段，根據在第2手段產生之預測值產生程序，對在第1手段未被解碼之解碼對象影像部分所具有之像素產生預測值(利用後述之演算法2等產生)；(4)第4手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用根據在第2手段產生之預測值產生程序所產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及(5)第5手段，根據在第3手段產生之像素預測值和在第4手段解碼之預

測殘值信號，將在第 1 手段未被解碼之解碼對象影像部分復原。

藉以上之各個處理手段動作所實現之本發明之影像解碼方法為亦可以以電腦程式實現者，該電腦程式記錄在適當之電腦可讀取之記錄媒體而提供，或經由網路提供，在實施本發明時，透過安裝而在 CPU 等之控制手段上動作用來實現本發明。

依照此種構造，本發明之影像解碼裝置用來實現對〔3—1〕所記載之本發明之影像編碼裝置所產生之編碼資料進行解碼。

而且，本發明之影像解碼裝置使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序所編碼之具有預定大小之解碼對象影像部分之編碼資料進行解碼，藉此產生可以與編碼側共同保有的該解碼對象影像部分之解碼影像，而使用其產生即使在編碼側亦可以產生的表示最佳之評估成本之預測值產生程序，所以可以實現不從編碼側傳達像素預測值之產生程序之目的。

(發明之效果)

如以上之詳細說明，依照本發明時，藉由利用計算機使預測像素值之程序本身估計其資訊量和自動變化，或利用既存方式使用已編碼之像素，即使在解碼側亦進行進化計算，可以利用極力減低殘值資訊量之預測器，結果是可以以更少之編碼量將影像編碼。

另外，因為在本發明之終端節點候補包含有先前技術

方式之預測器函數，所以最壞之情況亦可以獲得與先前技術方式同等之預測效率。另外，亦包含「被編碼之像素之座標」，所以亦可以依照影像內部之構造變換預測程序。

另外，後述之長尾等之進化式影像處理方法(參考文獻 4) 因為輸入影像當然不能固定，所以對各種之輸入影像雖期待通用式地進行動作，但是對未知輸入影像是否一定能保障良好之動作，實際上不可能。與此相對地，本發明中，因為只可以期待現在之輸入影像之有效編碼，所以不需要因應此種之未知輸入，實用性高。

另外，在本發明中因為「殘值資訊量和樹之資訊量之和」是用以最小化之唯一指標，所以在影像應用處理，不需要事前之人類操作之「教師資訊」。

【實施方式】

本發明使用「遺傳式程式設計」(Genetic Programming, GP)，來實現利用計算機自動產生可以更減少編碼之適用在被輸入之動影像或靜止影像(以下，稱為影像)的預測程序。

其次，說明本發明之基本想法。

〔1〕預測程序之樹狀構造表現

例如，以上述之式(1) 表示之平均預測，如第 1 圖所示，可以利用樹狀構造表現。為著說明之方便，使用稱為「S 式(Symbolic Expression)」者作為與該樹狀表現等效之記法。

在後述之遺傳式程式設計中，使用該 S 式表現樹狀構

造成為慣例。

依照 S 式時，例如上述之 $\max(x, y)$ 可寫成 $(\max x y)$ ，
上述之 MED 預測可寫成

$$(T(sub(Inw)(max(Iw)(In)))(min(Iw)(In))(T(sub(min(Iw)(In))(Inw))(max(Iw)(In))(add(Iw)(sub(In)(Inw))))))$$

。另外，換行並沒有特別之意思。

在此，函數 T 取 3 個引數，表示

$$(TABC) = B \quad A \geq 0 \text{ 之情況} \\ = C \quad A < 0 \text{ 之情況} \quad \dots\dots \text{式(5)}$$

之分支條件。

另外，T 為 ternary(三項) 之第一個字母。

依照上述之方式，可以記述任意之演算法成為樹狀構造，同樣地當然可以利用樹狀構造記述像素值之預測演算法。

在此，作為函數者除了上述之 T 外，可以考慮加減乘除、三角函數、平方、平方根、指數、對數、絕對值、最小值、最大值等。

該等之函數因取引數，故出現在不是樹之終端之部分。因此稱為「非終端節點」。亦即除了事前準備外，亦可以動態地定義(參照下列之參考文獻 1)。

[參考文獻 1] J.Koza: "Genetic Programming II, Automatic Discovery of Reusable Program", The MIT Press,

pp.41, 1998

另外，由於其本身具有值因此以位於樹終端之「終端節點」而言，例如，有 0.148 之數值，即有第 14 圖所示 Iw、In、Ine、Inw 之周邊像素值。

〔2〕本發明之終端節點之特徵

在本發明中，在可成為終端節點之候補之中亦包含有「利用既存編碼方式輸出預測值之函數」。

因為函數一般需要引數，所以本來是不會成為終端節點，但是利用既存編碼方式輸出預測值之函數因係關於既存編碼方式之函數，故已經決定何者會成為引數，所以能成為終端節點。

該「利用既存編碼方式輸出預測值之函數」所輸出之預測值，如上述之周邊像素值，依每一個被編碼之像素(目標像素)取不同之值。

該函數輸出之預測值，例如，為「最小平方預測值」、「平面預測值」、「解碼預測值」、「CALIC(參照下列之參考文獻 2)之預測值」、「JPEG—LS 之預測值」等。

〔參考文獻 2〕 X, Wu and N. Memon: "Context—Based, Adaptive, Lossless Image Coding", IEEE Transactions on Communications, vol.45, no.4, pp.437—444, Apr.1997

依照此種方式，透過在能成為終端節點之候補之中，包含「利用既存編碼方式輸出預測值之函數」，大致不需要附加部分就可以獲得與先前技術方式同等之預測效率。

亦即，在本發明中，如後所述，使用遺傳式程式設計

使預測像素值之預測程序(樹狀構造)進化，藉此來實現自動產生預測效率良好之預測器(預測程序)，惟在成為終端節點之候補之中，藉包含「利用既存編碼方式輸出預測值之函數」，亦可使先前技術方式之預測器包含在進化之對象。

利用此種方式，在先前技術方式之預測器其預測效率比其他之自動產生之預測器良好之情況時，該先前技術方式之預測器最後利用遺傳式程式設計自動產生，所以大致不需要附加部分就可以獲得與先前技術方式同等之預測效率。

當然，若透過將使用遺傳式程式設計而進化之預測器和先前技術方式之預測器予以組合而可以獲得更有效率之預測時，亦可採用該預測進行編碼。

另外，在本發明中，在可成為終端節點之候補之中，亦包含「輸出編碼之像素(目標像素)之座標之函數」。

該等函數輸出之座標，例如，以影像之左端像素成為 $x = -1$ 、右端成為 $x = 1$ 、影像之上端之像素成為 $y = -1$ 、下端成為 $y = 1$ 之方式，可為正規值，亦可為

純粹之座標值。

輸出目標像素之畫面內座標值之函數，例如，以隨機輸出畫面內座標值之方式，不需要引數就可以輸出畫面內座標值，所以能成為終端節點。

依照此種方式，在可成為終端節點之候補之中，透過包含「輸出目標像素之畫面內座標值之函數」，可以依照影

像內部之構造，使用 x, y 座標值局部地進行變換處理。

例如，以影像之上 $5/6$ 使用如此之預測程序之預測器，影像之下 $1/6$ 使用如此之預測程序之預測器之方式，可以產生依照 y 值變換處理之預測器。

〔3〕預測程序之評估值、樹之資訊量、預測值之求法

〔3-1〕預測程序之評估值

當使預測程序如後所述地進化時，需要某些評估尺度。

在本發明中，作為表示預測程序之個體之評估值(在遺傳式程式設計中稱為適合度)使用

(i) 表現樹狀構造用之資訊量 X ，和

(ii) 實際上利用該樹狀構造之預測程序之像素值預測到之預測殘值之資訊量 Y 之和($X+Y$)。

在此，本發明中，個體(在遺傳式程式設計中將樹稱為個體)之評估值並不是只由預測殘值之資訊量 Y 決定，而是要考慮樹之資訊量地決定，其一理由是預測程序需要傳達到解碼側。

另一理由是考慮樹之資訊量 X 地決定個體之評估值，可以抑制在遺傳式程式設計會成為問題之被稱為寬化之樹之肥大化之發生。

〔3-2〕表現樹狀構造用之資訊量 X

表現樹狀構造用之資訊量 X 是該樹所含之全部之節點之資訊量之和。

表現樹狀構造用之資訊量，例如，可以利用下列方式之遞歸式函數求得。在此，表示樹之節點之數值，例如，利用 10 位元固定小數點整數表示。

[演算法 1]

```
function tree__info(t)
begin
  if t 為數值之情況 then
    return FUNCINFO + 10
  else begin
    s := FUNCINFO // 函數之部分
    foreach(對於連接 t 之全部之下位節點 c)begin
      s := s + tree__info(c)
    end
    return s
  end
end
```

在此，於各個函數設成從 0 至 $N-1$ 之固有之連續號碼。

FUNCINFO 在全部之函數(max 或 min、add 等)之數為 N 時，用來表示使函數成為固定長度編碼時之編碼量，成為以下之量：

$$\text{FUNCINFO} = \log_2(N+1) \quad \cdot \cdot \cdot \text{式(6)}$$

在該式(6) 中成為 $N+1$ 者，除了函數之情況外亦包

含數值(2 或 1/4 等)之情況。

在此，是假定為固定長度編碼，但是亦可以考慮每一個函數之產生頻度進行可變長度編碼或算術編碼。

然後，當以目標之預測程序(樹)之最上位節點作為 root 時，假如求得

$$X = \text{tree_info}(\text{root}) \quad \cdot \cdot \cdot \text{式(7)}$$

時，可以求得樹之資訊量 X 。

〔3-3〕預測值之求法

雖為表示有關之樹之根據預測程序之預測值之求法，亦可以利用下列之遞歸式函數求得。

〔演算法 2〕

```
function tree__eval(t)
begin
  if t 為數值之情況 then // 即值之情況
    return 該數值
  else if t 未具有引數之情況 then // 例如：In
    return t 之函數值
  else if t 具有 1 個引數之情況 then // 例如：
sqrt(A)
    return t 之函數(tree__eval(t 之第 1 號之下位
節點))
  else if t 具有 2 個引數之情況 then // 例如：add(A,
B)
    return t 之函數(tree__eval(t 之第 1 號之下位節
```


點) , (tree__eval(t 之第 2 號之下位節點))

else if t 具有 3 個引數之情況 then // 例如：三項
演算子代 T

return t 之函數(tree__eval(t 之第 1 號之下位節
點) , tree__eval(t 之第 2 號之下位節點) , tree__eval(t 之
第 3 號之下位節點))

end

在此，是假定引數之個數只至 3 個之函數，但是引數
之個數之上限即使增加為 4 個、5 個亦可以同樣地處理。

然後，當以目標之預測程序(樹) 之最上位節點作為
root 時，成為

$$x' = \text{tree_eval}(\text{root}) \quad \dots \text{式(8)}$$

可以求得現在之目標像素之預測值 p' 。

另外，預測殘值之資訊量 Y ，例如，以下列之方式求
得。

【數 1】

$$Y = - \sum_{h_d \neq 0} h_d \log_2 \frac{h_d}{W \times H} \quad \dots \text{式(1)}$$

在此， h_d 為預測誤差 $d(=x - x')$ 之全體影像之產生次
數(直方圖)， W 、 H 分別為影像之橫、縱之像素數。

另外，以進行 CALIC 之方式亦可以成為利用被稱為
「上下文分離」或「error feedback」、「error flipping」之技

巧進行資訊量之削減。

[4] 預測程序之編碼、解碼

[4-1] 預測程序之編碼

預測程序之編碼亦可以利用與資訊量之推定同樣之
以下之遞歸式之程序實行。

[演算法 3]

```

procedure tree__encode(t)
  begin
    if t 為數值之情況 then begin
      使用 FUNCINFO 位元將「N」(表示數值) 編碼
      使用 10 位元將數值(固定小數點)編碼
    end else begin
      使用 FUNCINFO 位元將「t 之函數號碼(0..N
- 1)」 編碼
      Foreach(對連接 t 之全部之下位節點 c)begin
        tree__encode(c)
      end
    end
  end
end

```

然後，假如實行以目標之預測程序(樹)之最上位節點
作為 root 時之 tree__encode(root) 時，可以將該樹編碼。
這時之必要編碼量之下限與 tree__info(root) 一致。

[4-2] 預測程序之解碼

利用演算法 3 編碼之預測程序之解碼，亦可同樣地利用以下之遞歸式函數實行。

[演算法 4]

```
function tree__decode()
begin
    作成空的樹 T
    將 FUNCINFO 位元解碼將函數號碼 n 解碼
    If n=N then begin // 數值之情況
        將 10 位元解碼將 10 位元固定小數點數 x 解碼
        T := x
    end else begin
        求得與函數號碼對應之函數 F
        T := F
        for i=1 to F 為必要之引數之數 begin
            T 之第 i 號之下位節點 := tree__decode()
        end
    end
end
return T
end
```

在此，「F 為必要之引數之數」是，例如，F=add 時為 2，F=T 時為 3 等，該函數是輸出該值用之值之個數(編碼側、解碼側均為已知)。

F 具有其個數之下位節點作為本身之引數。

然後，實行 `tree__decode()` 時，利用位元流將樹重複解碼。

[5] 利用遺傳式程式設計之預測程序之自動進化

在本發明中利用一般習知之以下之遺傳式程式設計之程序(複製選擇、子代之產生、生存選擇)使預測器進化。

在遺傳式程式設計中將樹稱為「個體」。在此模倣其地進行說明。

1. 首先使母集團成為以亂數產生者，或利用既存之預測演算法(上述之平面預測或 MED 預測)等產生，
2. 其次，從其中選擇親代集合(複製選擇)，
3. 從親代集合產生子代個體集合(子代之產生)，進行評估(評估尺度如上所述)，
4. 根據評估之結果從子代個體集合選擇生存者(生存選擇)，

在此，對於「子代」其產生是在被選擇作為親代之個體間，實行下列之處理等：

- 如第 2 圖所示地交叉(crossover：隨機選擇親代 1 和親代 2 之交叉點，在與各個交叉點對應之部分之樹間交叉)，
- 如第 3 圖所示地突變(mutation：隨機選擇突變點，使與該點對應之部分之樹和突變之樹互換)，
- 如第 4 圖所示地逆位(inversion：使兄弟樹互換)。

另外，綜合複製選擇和生存選擇者稱為「世代交替模態」，例如，可以使用一般習知之下列之參考文獻 3 所提案

之 MGG(minimal generation gap)法等。

[參考文獻 3] 佐藤、小野、小林：“遺傳式演算法之世代交替模態之提案和評估”，人工知能學會誌，vol.12，no.5，pp.734—744，1996

依照此種方式，利用遺傳式程式設計使處理程序進化之方法代表性者有下列之參考文獻 4。但是，其為與影像處理程序有關者。

[參考文獻 4] 藤嶋、長尾：“併用以 GP 使構造最佳化和以 GA 使數值最佳化之影像處理自動產生法 PT—ACTIT”，影像資訊媒體學會誌，vol.59，no.11，pp.1687—1693，2005

但是，尚未提案有如同本發明之使「影像」編碼程序進化之技巧。上述之非專利文獻 4 或非專利文獻 5 之技巧只不過用來使編碼參數最佳化。

以下，依照實施形態來詳細地說明本發明。

第 5 圖表示屬於本發明之一實施形態例之進化預測器產生裝置 1 之構造。

本實施形態之進化預測器產生裝置 1 用來實現使用遺傳式程式設計(在遺傳式程式設計將樹稱為「個體」)自動產生用以產生像素預測值之預測器(以下，將本實施形態所產生之預測器稱為進化預測器)。

如第 5 圖所示，為了實現該自動產生，具備有母集團產生部 10、母集團記憶部 11、親代個體選擇複製部 12、子代個體產生部 13、突變用資訊記憶部 14、評估值算出部

15、生存個體決定部 16、收斂判定部 17、和進化預測器決定部 18。

母集團產生部 10 隨機地產生成為進化預測器之產生源之預測器之個體，用來產生母集團，將其保存在母集團記憶部 11。這時，以將既存之預測值產生函數(個體)加入到母集團之形態產生母集團，將其保存。

然後，母集團產生部 10 對評估值算出部 15 要求算出保存在母集團記憶部 11 之關於個體之評估值，並接受回應該要求從評估值算出部 15 送回之評估值，對其進行處理成為與保存之個體具有對應關係和保存在母集團記憶部 11。

親代個體選擇複製部 12 選擇被保存在母集團記憶部 11 之複數個個體，將其複製用來產生複數個親代個體。

然後，親代個體選擇複製部 12 進行從母集團記憶部 11 刪除成為該產生之親代個體之產生源之個體之處理。

子代個體產生部 13 依照遺傳式程式設計，對親代個體選擇複製部 12 所產生之親代個體，施加如第 2 圖所示之交叉，使用被保存在突變用資訊記憶部 14 之突變用資訊，施加如第 3 圖所示之突變，施加如第 4 圖所示之逆位等，用來產生子代個體。

然後，子代個體產生部 13 對評估值算出部 15 要求關於所產生子代個體之評估值之算出，並接受回應該要求從評估值算出部 15 送回之評估值，算出所產生之子代個體之評估值。

突變用資訊記憶部 14 用來保存子代個體產生部 13 對

親代個體施加突變時所必要之突變用資訊(突變樹)，保存包含有輸出影像內之座標值之函數(個體)和既存之預測值產生函數(個體)之突變用資訊。

評估值算出部 15 在有指定個體並要求該個體之評估值之算出時，進行算出表現樹狀構造用之資訊量(上述之 X：個體資訊量)、和實際利用該樹狀構造之預測程序預測像素值之全畫面之預測殘值之資訊量(上述之 Y：預測殘值資訊量)之和之資訊量總和，以該算出之資訊量總和作為個體之評估值，送回評估值算出要求源之處理。

生存個體決定部 16 根據親代個體選擇複製部 12 所產生之親代個體所具有之評估值(從母集團記憶部 11 讀出)、和子代個體產生部 13 所產生之子代個體所具有之評估值，選擇具有最佳之評估值之個體，將該被選擇之個體和其以外之 1 個或複數個個體，與其評估值一起保存在母集團記憶部 11。

收斂判定部 17 根據評估值算出部 15 所算出之評估值等，判定表示進化預測器之完成產生之收斂條件是否成立，在判定為該收斂條件成立時，對進化預測器決定部 18 指示決定進化預測器。

進化預測器決定部 18 在有來自收斂判定部 17 之進化預測器之決定要求時，從被保存在母集團記憶部 11 之個體之中，指定具有最佳之評估值之個體，並將該被指定之個體決定為進化預測器予以輸出。

第 6 圖表示以此方式構成之本實施形態之進化預測器

產生裝置 1 之實行之流程圖。

其次，依照該流程圖來詳細地說明進化預測器產生裝置 1 所實行之處理。

本實施形態之進化預測器產生裝置 1，在對成為編碼對象之影像要求進化預測器之產生時，如第 6 圖之流程圖所示，首先在最初之步驟 S101，以輸出既存編碼方式之預測值的包含個體之形式產生母集團(成為進化源之個體之集團)。

然後，在步驟 S102，對於母集團之各個個體，算出表現樹狀構造用之資訊量 X、和實際利用該樹狀構造之預測程序預測像素值之全畫面之預測殘值之資訊 Y 之和，用來算出評估值。

在此，對於表現樹狀構造用之資訊量 X，利用上述之演算法 1 算出。

另外，利用樹狀構造之預測程序預測之像素值，利用上述之演算法 2 算出。

然後，在步驟 S103，將母集團之各個個體和其所具有之評估值一起保存在母集團記憶部 11。

然後，在步驟 S104，從被保存在母集團記憶部 11 之母集團之個體之中，選擇 N 個親代個體，讀出其所具有之評估值。

然後，在步驟 S105，複製所選擇之 N 個親代個體，和從母集團記憶部 11 刪除被選擇之 N 個親代個體。

然後，在步驟 S106，利用突變用資訊記憶部 14 所保

存之突變用資訊，使用遺傳式程式設計，施加第 2 圖所示之交叉或第 3 圖所示之突變或第 4 圖所示之逆位等，用來從複製之 N 個親代個體產生 M 個子代個體。

這時，以在突變中施加於個體(樹)之候補而言，包含「利用先前技術方式之預測值之產生函數」、「輸出被編碼像素之 x 座標、 y 座標之函數」。

然後，在步驟 S107，對所產生之 M 個子代個體，算出表現樹狀構造用之資訊量 X 、和實際利用該樹狀構造之預測程序進行像素值預測之預測殘值之資訊 Y 之和，用來算出評估值。

然後，在步驟 S108，以所產生之 M 個子代個體和複製之 N 個親代個體作為選擇對象，選擇具有最佳之評估值之個體、和從其以外之個體之中隨機選擇之 $(N-1)$ 個個體作為生存個體。

然後，在步驟 S109，將所選擇之生存個體和其所具有之評估值一起保存在母集團記憶部 11。

然後，在步驟 S110，判斷是否達到預定之收斂條件，在判斷為未達到收斂條件時，判斷為進化不充分，回到步驟 S104 之處理。

就這時所使用之收斂條件而言，例如，使用評估值 $Z(=X+Y)$ 之減少比例是否小於一定值(例如，0.1%)，或評估次數超過一定值(例如，1 萬次)等之條件。

另外一方面，依照步驟 S110 之判斷處理，在判斷為達到預定的收斂條件時，前進到步驟 S111，從母集團記憶

部 11 中所保存之母集團之個體之中，選擇具有最佳之評估值之個體作為最終之進化個體(進化預測器) 和進行輸出，使處理結束。

如此一來，本實施形態之進化預測器產生裝置 1 使用遺傳式程式設計，實現自動產生進化預測器用以實現高精確度之像素值預測。

在該實現時，本實施形態之進化預測器產生裝置 1 使用表現樹狀構造用之資訊量 X 、和實際利用該樹狀構造之預測程序進行像素值預測之全畫面的預測殘值之資訊 Y 之和作為評估值，所以可以自動產生預測器用來進行實現高效率之影像編碼之像素值預測。

另外，這時以施加在個體之候補而言，包含「利用先前技術方式之預測值之產生函數」，所以可以獲得與先前技術方式同等之預測效率。

另外，在產生母集團時，若設成在母集團包含「利用先前技術方式之預測值之產生函數」之個體，則可以使其實現得成為更確實。

而且，這時以施加在個體之候補而言，因為包含「輸出被編碼像素之 x 座標、 y 座標之函數」，所以依照影像內部之構造，亦可以實現使用 x ， y 座標值局部地變換進化預測器。

第 7 圖圖解式表示利用具有此種特徵之本實施形態之進化預測器產生裝置 1 之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200 之一實施形態例。

第 7 圖所示之本實施形態之影像編碼裝置 100 具備有：進化預測器產生部 101，依照本實施形態之進化預測器產生裝置 1 所實行之處理，產生應用在編碼對象影像之進化預測器；進化預測器編碼部 102，對進化預測器產生部 101 所產生之進化預測器進行編碼；影像編碼部 103，使用進化預測器產生部 101 所產生之進化預測器，對編碼對象影像進行編碼；以及編碼資料發信部 107，將進化預測器編碼部 102 和影像編碼部 103 所產生之編碼資料發信到本實施形態之影像解碼裝置 200。

另外，該影像編碼部 103 為了對編碼對象影像進行編碼，具備有：像素預測值產生部 104，使用進化預測器產生部 101 所產生之進化預測器，預測像素值；預測殘值算出部 105，根據像素預測值產生部 104 所預測之像素預測值，算出預測殘值；以及預測殘值編碼部 106，對預測殘值算出部 105 所算出之預測殘值進行編碼。

另外一方面，第 7 圖所示之本實施形態之影像解碼裝置 200 具備有：編碼資料收信部 201，用來收信從本實施形態之影像編碼裝置 100 發信而來之編碼資料；進化預測器解碼部 202，對編碼資料收信部 201 所收信到之進化預測器之編碼資料進行解碼，用來對影像編碼裝置 100 所產生之進化預測器進行解碼；以及影像解碼部 203，根據進化預測器解碼部 202 所解碼之進化預測器和編碼資料收信部 201 所收信到之編碼資料，對影像編碼裝置 100 所編碼之影像進行解碼。

另外，該影像解碼部 203 為了對本實施形態之影像編碼裝置 100 所編碼之影像進行解碼，具備有：像素預測值產生部 204，使用進化預測器解碼部 202 所解碼之進化預測器預測像素值；預測殘值解碼部 205，對編碼資料收信部 201 所收信到之預測殘值之編碼資料進行解碼；以及影像復原部 206，根據像素預測值產生部 204 預測之像素預測值和預測殘值解碼部 205 解碼之預測殘值，使影像編碼裝置 100 所編碼之影像復原。

第 8 圖表示第 7 圖所示之影像編碼裝置 100 實行之流程圖，第 9 圖表示第 7 圖所示之影像解碼裝置 200 實行之流程圖。

其次，依照該等之流程圖說明如第 7 圖之構造之本實施形態之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200 實行之處理。

以第 7 圖之方式構成之影像編碼裝置 100 在有編碼對象影像之編碼要求時，如第 8 圖之流程圖所示，首先在最初之步驟 S201，依照上述之進化預測器產生裝置 1 所實行之處理，產生應用在編碼對象影像之進化預測器，然後在步驟 S202 依照上述之演算法 3 對該產生之進化預測器進行編碼。

然後，進入到編碼對象影像之編碼，在步驟 S203，使用所產生之進化預測器，用來產生像素預測值(上述之 p)，然後，在步驟 S204，根據該產生之像素預測值算出預測殘值(上述之 $p - p'$)。

然後，在步驟 S205，對該算出之預測殘值進行編碼，然後在步驟 S206，判斷對編碼對象影像所具有之全部像素是否完成編碼，在判斷為對全部像素未完成編碼時，回到步驟 S203 之處理，在判斷為對全部像素已完成編碼時，使處理結束。

用來接受該影像編碼裝置 100 所產生之編碼資料之以第 7 圖方式構成之影像解碼裝置 200，以第 9 圖之流程圖所示之方式，首先在最初之步驟 S301，依照上述之演算法 4 對進化預測器之編碼資料進行解碼，用來對影像編碼裝置 100 所產生之進化預測器進行解碼。

然後，進入到解碼對象影像之解碼，在步驟 S302，使用經解碼之進化預測器，產生像素預測值(上述之 p')，然後在步驟 S303，對預測殘值之編碼資料進行解碼，用來將預測殘值(上述之 $p - p'$) 解碼，然後在步驟 S304，根據該產生之像素預測值和該解碼之預測殘值，產生像素值和進行輸出。

然後，在步驟 S305，對解碼影像所具有之全部像素，判斷是否完成解碼，在判斷為對全部像素未完成解碼時，回到步驟 S302 之處理，在判斷為對全部像素已完成解碼時，使處理結束。

依照此種方式，以第 7 圖之方式構成之影像編碼裝置 100，產生進化預測器，使用其對影像進行編碼，和對進化預測器亦進行編碼，另外一方面，以第 7 圖之方式構成之影像解碼裝置 200，對進化預測器之編碼資料進行解碼，

藉此以獲得影像編碼裝置 100 所產生之進化預測器之方式，以使用其將影像解碼之方式進行處理。

如上述之方式，進化預測器產生裝置 1 自動產生進化預測器用以實現高精確度之像素預測。

由此，若依照使用該進化預測器產生裝置 1 所產生之進化預測器對影像進行編碼解碼之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200，則可以實現高編碼效率。

第 10 圖表示利用上述之進化預測器產生裝置 1 之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200 之另一實施形態例。

在第 7 圖所示之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200 中，需要編碼和傳送進化預測器，但是在第 10 圖所示之影像編碼裝置 100' 和影像解碼裝置 200'，係設成對進化預測器不進行編碼傳送，而可以在解碼側使用已經傳送過之像素產生在編碼側產生之進化預測器。利用此種方式，實現可以在編碼側和解碼側使用同一進化預測器進行影像之編碼・解碼。

為了其之實現，第 10 圖所示之影像編碼裝置 100' 具備有：第 1 影像編碼部 110，使用既存之預測器對編碼對象影像之具有預定大小之影像部分進行編碼；進化預測器產生部 111，使用第 1 影像編碼部 110 編碼時所解碼之編碼影像部份之解碼影像，產生應用於該解碼影像之進化預測器；第 2 影像編碼部 112，使用進化預測器產生部 111 所產生之進化預測器，對編碼對象影像之其餘之影像部份進行編碼；以及編碼資料發信部 116，將第 1 影像編碼部

110 和第 2 影像編碼部 112 所產生之編碼資料發信到影像解碼裝置 200'。

另外，該第 2 影像編碼部 112 為了對第 1 影像編碼部 110 未編碼之影像部分進行編碼，具備有：像素預測值產生部 113，使用進化預測器產生部 111 所產生之進化預測器，預測像素值；預測殘值算出部 114，根據像素預測值產生部 113 所預測之像素預測值，算出預測殘值；以及預測殘值編碼部 115，對預測殘值算出部 114 所算出之預測殘值進行編碼。

另外一方面，第 10 圖所示之影像解碼裝置 200' 具備有：編碼資料收信部 210，用來收信從影像編碼裝置 100' 發信而來之編碼資料；第 1 影像解碼部 211，對編碼資料收信部 210 收信到之編碼資料中所含之第 1 影像編碼部 110 產生之編碼資料進行解碼；進化預測器產生部 212，用來產生應用在第 1 影像解碼部 211 解碼之影像部分之進化預測器；第 2 影像解碼部 213，根據進化預測器產生部 212 產生之進化預測器和編碼資料收信部 210 收信之編碼資料中所含之第 2 影像編碼部 112 產生之編碼資料，對第 1 影像解碼部 211 未解碼之影像部分進行解碼；以及影像統合部 217，統合第 1 影像解碼部 211 解碼之影像和第 2 影像解碼部 213 解碼之影像，用來產生解碼對象之影像。

另外，該第 2 影像解碼部 213 為了對第 1 影像解碼部 211 未解碼之影像部分進行解碼，具備有：像素預測值產生部 214，使用進化預測器產生部 212 產生之進化預測器，

預測像素值；預測殘值解碼部 215，對編碼資料收信部 210 收信到之第 1 影像解碼部 211 未解碼之影像部分之預測殘值之編碼資料進行解碼；以及影像復原部 216，根據像素預測值產生部 214 預測之像素預測值和預測殘值解碼部 215 解碼之預測殘值，使第 1 影像解碼部 211 未解碼之影像部分復原。

第 11 圖表示第 10 圖所示之影像編碼裝置 100 實行之流程圖，第 12 圖表示第 10 圖所示之影像解碼裝置 200 實行之流程圖。

其次，依照該等之流程圖說明影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200 實行之處理。

影像編碼裝置 100 在有影像之編碼要求時，首先在最初之步驟 S401，使用既存之預測器，進入編碼對象影像之具有預定大小之影像部份(像素數為 N 個)之編碼，然後在步驟 S402，至獲得該影像部份之編碼完成之確認為止，進行其編碼，用來對該影像部份進行編碼。

例如，使用 JPEG-LS 等，對編碼對象影像之具有預定大小之影像部份進行編碼。

然後，在步驟 S403，依照上述之進化預測器產生裝置 1 所實行之處理，產生應用在步驟 S401 之編碼所獲得之解碼影像(關於編碼之影像部分之解碼影像)之進化預測器。

在此，於進化預測器之產生時，如上所述，原則上依照以表現樹狀構造用之資訊量 X 、和實際上利用該樹狀構造之預測程序預測到像素值之全部畫面之預測殘值之資訊

量 Y 之和所定義的評估值，來產生表示最佳之評估值之進化預測器，惟在該實施形態例之情況，因為不需要進化預測器之傳送，故以算出資訊量 $X=0$ 之評估值的方式(不變更為進化程序)，根據其以產生進化預測器之方式進行處理。

然後，進入在步驟 S401 未被編碼之編碼對象影像之影像部分之編碼，在步驟 S404 使用所產生之進化預測器進行像素預測值(上述之 p')之產生，然後在步驟 S405 根據該產生之像素預測值，算出預測殘值(上述之 $p-p'$)。

然後，在步驟 S406，對該算出之預測殘值進行編碼，然後在步驟 S407，判斷編碼對象影像所具有全部像素是否完成編碼，在判斷為對全部像素未完成編碼時，回到步驟 S404 之處理，在判斷為對全部像素已完成編碼時，使處理結束。

用來接受該影像編碼裝置 100' 所產生之編碼資料之影像解碼裝置 200' 如第 12 圖之流程圖之方式，首先在最初之步驟 S501，進入影像編碼裝置 100' 使用既存之預測器編碼之影像部分(像素數設為 N)之編碼資料之解碼，然後在步驟 S502，至獲得該影像部份之完成解碼之確認為止，進行其解碼，用來對其影像部份進行解碼。

例如，使用 JPEG-LS 等，對具有預定大小之影像部份進行解碼。

然後，在步驟 S503，依照上述之進化預測器產生裝置 1 所實行之處理，產生應用在步驟 S501 之解碼所獲得之解

碼影像之進化預測器。

在此，於進化預測器之產生時，如上所述，原則上依照以表現樹狀構造用之資訊量 X 、和實際上利用該樹狀構造之預測程序預測到像素值之全部畫面之預測殘值之資訊量 Y 之和所定義的評估值，來評估值產生表示最佳之評估值之進化預測器，惟在該實施形態例之情況，因為不需要進化預測器之傳送，故以算出資訊量 $X=0$ 之評估值的方式(不變更為進化程序)，根據其進形產生進化預測器之處理。

然後，進入解碼對象影像所具有之其餘之影像部分之解碼，在步驟 S504 使用所產生之進化預測器產生像素預測值(上述之 p')，然後在步驟 S505 對預測殘值之編碼資料解碼，用來對預測殘值(上述之 $p-p'$)進行解碼。

然後在步驟 S506，根據該產生之像素預測值和該解碼之預測殘值，產生像素值和進行輸出。

然後，在步驟 S507，對解碼對象影像所具有之影像部分的全部像素，判斷是否完成解碼，在判斷為全部像素之解碼未完成時，回到步驟 S504 之處理，在判斷為全部像素之解碼已完成時，使處理結束。

依照此種方式，以第 10 圖之方式構成之影像編碼裝置 100'，以既存之編碼方式對編碼對象影像之一部分進行編碼，於該編碼時使用所產生之解碼影像來產生進化預測器，使用以此方式產生之進化預測器，對其餘之影像部分進行編碼。

另一方面，以第 10 圖之方式構成之影像解碼裝置 200，依照既存之解碼方式對編碼資料解碼，藉此對解碼對象影像之一部分進行解碼，使用該解碼之影像產生進化預測器，使用以此方式產生之進化預測器，對其餘之影像部分進行解碼之處理。

如上述之方式，進化預測器產生裝置 1 自動產生用以實現高精確度之像素值預測之進化預測器。

由此，若依照使用該進化預測器產生裝置 1 所產生之進化預測器，對影像進行編碼解碼之影像編碼裝置 100 和影像解碼裝置 200，則可以實現高編碼效率。

為了驗證以上所說明之本發明之有效性，在本發明人所進行之實驗中，對某一影像使評估值 $X+Y$ 最小化時，可以產生下列方式之比較簡單之進化預測器。

$$(\text{add}(\text{sub } 0.5(\text{sub}(\text{div}(\text{Igap})(\text{Ine}))(\text{Igap}))) (\text{div}(\text{Inw})(\text{Igap})))$$

在此，Igap 為離開周邊之非線性預測值，Ine、Inw 為第 14 圖所示之周邊像素值。

這時之評估值 $X+Y$ 為 1170235[bit]，顯示優於現在之既存預測器之最高值 1176090[bit]。

在該進化預測器進行將預測值間分割，本發明產生在先前技術之預測器未被考慮之預測值產生程序。

其次，說明用來驗證本發明之有效性所進行之實驗結果。另外，在該實驗對於既存之預測值產生函數(個體)以不加入母集團之方式進行實驗。

在該實驗中，設為比較對象之預測樹為線性預測之最小平方預測器(LS)、線性預測之最小熵預測器(LE)、非線性預測之 CALIC 之 GAP 預測器(與本發明同樣地，利用第 14 圖所示之附近之 4 個像素)、非線性預測之 JPEG—LS 之 MED 預測器(利用附近之 3 個像素)。

在此，LE 預測是以 LS 預測之 5 個係數作為初始值，利用 Powell 法以多次元探索將 Y 最小化者，可稱為線性預測中最高效率者。

第 13 圖表示所使用之每一個影像(均為 512×512 像素，8 位元，只有亮度)之加入附加部分(LS、LE 為 50，GAP、MED 為 0，本發明為 X bits)之殘值資訊量($X+Y$)，和該等之從本發明增加之部分。另外，在最下段表示對各個影像之本發明之樹之資訊量 X 。另外，殘值資訊量之單位為 bpp(bit per pixel)。

從該實驗結果可以確認利用本發明自動產生之預測器具有最高效率。利用本發明自動產生之預測器之樹資訊量 X 平均為 726 bits，比 GAP、MED 預測器(分別為 349.5、116.0 bits。在本實驗中均為 0)稍微複雜。

對於影像 Lena，不另外考慮樹資訊量 X 只使殘值資訊量 Y 最小化，進化計算之結果，對於本發明之技巧，與第 13 圖之結果比較， Y (在 Y 單體第 13 圖未記載)減少 0.06%，但是 X 成為 3 倍強之大小($X=2795$ bits)， $X+Y$ 相反地增加 0.14%。會有樹之肥大化之被稱為 GP 固有之寬化之問題，但是在本發明中亦考慮 X 用來自然地抑制其發

生。

另外，對於影像 Baboon，將處理分為是否為影像之大約下 $1/6$ 用來產生預測樹。亦即是否對應到鬍鬚區域，佐證 GP 之探索能力之提高。

從該等之實驗結果可以驗證本發明之有效性。

(產業上之可利用性)

本發明可以應用在對動影像或靜止影像進行編碼解碼之情況，應用本發明來實現高精確度之像素值預測，可以實現利用計算機自動產生可以更加刪減適合於被輸入之影像編碼量之預測程序。

【圖式簡單說明】

第 1 圖是平均預測之樹狀構造表現之說明圖。

第 2 圖是交叉處理之說明圖。

第 3 圖是突變處理之說明圖。

第 4 圖是逆位處理之說明圖。

第 5 圖是本發明之一實施形態之進化預測器產生裝置之裝置構造圖。

第 6 圖是第 5 圖實施形態之進化預測器產生裝置實行之流程圖。

第 7 圖是本發明之一實施形態之影像編碼裝置和影像解碼裝置之裝置構造圖。

第 8 圖是第 7 圖實施形態之影像編碼裝置實行之流程圖。

第 9 圖是第 7 圖實施形態之影像解碼裝置實行之流程

圖。

第 10 圖是本發明之另一實施形態之影像編碼裝置和影像解碼裝置之裝置構造圖。

第 11 圖是第 10 圖實施形態之影像編碼裝置實行之流程圖。

第 12 圖是第 10 圖實施形態之影像解碼裝置實行之流程圖。

第 13 圖是用來驗證本發明之有效性所進行之實驗之說明圖。

第 14 圖是位於目標像素之周邊之解碼過像素之說明圖。

【主要元件符號說明】

1	進化預測器產生裝置
10	母集團產生部
11	母集團記憶部
12	親代個體選擇複製部
13	子代個體產生部
14	突變用資訊記憶部
15	評估值算出部
16	生存個體決定部
17	收斂判定部
18	進化預測器決定部
100,100'	影像編碼裝置
101,111,212	進化預測器產生部

102	進化預測器編碼部
103	影像編碼部
104,113	像素預測值產生部
105,114	預測殘值算出部
106,115	預測殘值編碼部
107,116	編碼資料發信部
110	第 1 影像編碼部
112	第 2 影像編碼部
200,200'	影像解碼裝置
201,210	編碼資料收信部
202	進化預測器解碼部
203	影像解碼部
204,214	像素預測值產生部
205,215	預測殘值解碼部
206,216	影像復原部
211	第 1 影像解碼部
213	第 2 影像解碼部
217	影像統合部

七、申請專利範圍：

1. 一種像素預測值產生程序自動產生方法，在使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預測值產生程序之產生，其特徵在於具備有：

第 1 過程，隨機產生以樹狀構造表示之預測值產生程序，用來產生母集團，且前述預測值產生程序包含有將既存編碼方式之預測值輸出的預測值產生函數；

第 2 過程，將前述預測值產生函數或輸出影像內的像素之座標值的函數作為能成為樹之終端節點者，而從上述母集團中選擇成為親代(parents)之複數個預測值產生程序，藉由將該等以遺傳式程式設計予以處理，產生成為子代(children)之 1 個或複數個預測值產生程序；

第 3 過程，以上述第 2 過程選擇及產生之預測值產生程序作為選擇對象，使用表現樹狀構造用之資訊量及藉由該樹狀構造之預測程序預測像素值之全畫面的預測殘值之資訊量之和，作為評估成本，將使該評估成本成為最小的預測值產生程序選擇作為對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序，將該被選擇之預測值產生程序和其以外之 1 個或複數個預測值產生程序保存在上述母集團；以及

第 4 過程，控制上述第 2 和第 3 過程之處理重複進行至滿足預定條件為止，將其結果所得之表示最佳之評估成本之預測值產生程序產生作為最終之預測值產生程序。

2. 如申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法，其中，

在上述第 1 過程中，以將既存之預測值產生函數加入到上述母集團之方式，產生上述母集團。

3. 一種影像編碼方法，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對影像進行編碼，其特徵在於具備有：

第 1 過程，依照申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法，產生在對編碼對象影像進行編碼之情況時，表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 2 過程，對在上述第 1 過程產生之預測值產生程序進行編碼；

第 3 過程，根據在上述第 1 過程產生之預測值產生程序，產生編碼對象影像所具有之像素之預測值；以及

第 4 過程，對根據在上述第 3 過程產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

4. 一種影像解碼方法，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對經編碼之影像之編碼資料進行解碼，其特徵在於具備有：

第 1 過程，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法所產生之預測值產生程序之編碼資料進行解碼；

第 2 過程，根據在上述第 1 過程解碼之預測值產生

程序，產生解碼對象影像所具有之像素之預測值；

第 3 過程，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對藉由根據在上述第 1 過程解碼之預測值產生程序產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及

第 4 過程，根據在上述第 2 過程產生之像素預測值和在上述第 3 過程解碼之預測殘值信號，將解碼對象影像復原。

5. 一種影像編碼方法，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對影像進行編碼，其特徵在於具備有：

第 1 過程，使用不依照樹狀構造進化技巧所產生之既存之像素預測值產生程序，對具有預定大小之編碼對象影像部分進行編碼；

第 2 過程，對於在上述第 1 過程編碼時所獲得之編碼對象影像部分之解碼影像進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 3 過程，根據在上述第 2 過程產生之預測值產生程序，對在上述第 1 過程未編碼之編碼對象影像部分之像素產生預測值；以及

第 4 過程，對根據在上述第 3 過程產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

6. 一種影像解碼方法，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對經編碼之影像之編碼資料進行解碼，其特徵在於具備有：

第 1 過程，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序所編碼之具有預定大小之解碼對象影像部分之編碼資料進行解碼；

第 2 過程，在對上述第 1 過程解碼之解碼對象影像部分進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 3 過程，根據在上述第 2 過程產生之預測值產生程序，對在上述第 1 過程未被解碼之解碼對象影像部分具有之像素產生預測值；

第 4 過程，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用根據在上述第 2 過程產生之預測值產生程序所產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及

第 5 過程，根據在上述第 3 過程產生之像素預測值和在上述第 4 過程解碼之預測殘值信號，將在上述第 1 過程未被解碼之解碼對象影像部分復原。

7. 一種像素預測值產生程序自動產生裝置，用在使用解碼

過之像素來預測編碼對象之像素之值的預測值產生程序之產生，其特徵在於具備有：

第 1 手段，隨機產生以樹狀構造表示之預測值產生程序，用來產生母集團，且前述預測值產生程序包含有將既存編碼方式之預測值輸出的預測值產生函數；

第 2 手段，將前述預測值產生函數作為能成為樹之終端節點者，而從上述母集團中選擇成為親代之複數個預測值產生程序，藉由將該等以遺傳式程式設計予以處理，產生成為子代之 1 個或複數個預測值產生程序；

第 3 手段，以上述第 2 手段選擇及產生之預測值產生程序作為選擇對象，使用表現樹狀構造用之資訊量及藉由該樹狀構造之預測程序預測像素值之全畫面的預測殘值之資訊量之和，作為評估成本，將使該評估成本成為最小的預測值產生程序選擇作為對編碼對象影像進行編碼之情況時表示最佳之評估成本之預測值產生程序，將該被選擇之預測值產生程序和其以外之 1 個或複數個預測值產生程序保存在上述母集團；以及

第 4 手段，控制上述第 2 和第 3 手段之處理重複進行至滿足預定條件為止，將其結果所得之表示最佳之評估成本之預測值產生程序產生作為最終之預測值產生程序。

8. 如申請專利範圍第 7 項之像素預測值產生程序自動產生裝置，其中，

上述第 1 手段，以將既存之預測值產生函數加入到

上述母集團之方式，產生上述母集團。

9. 一種影像編碼裝置，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對影像進行編碼，其特徵在於具備有：

第 1 手段，依照申請專利範圍第 7 項之像素預測值產生程序自動產生裝置之處理，產生在對編碼對象影像進行編碼之情況時，表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 2 手段，對上述第 1 手段產生之預測值產生程序進行編碼；

第 3 手段，根據在上述第 1 手段產生之預測值產生程序，產生編碼對象影像所具有之像素之預測值；以及

第 4 手段，對根據在上述第 3 手段產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

10. 一種影像解碼裝置，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對經編碼之影像之編碼資料進行解碼，其特徵在於具備有：

第 1 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用申請專利範圍第 7 項之像素預測值產生程序自動產生裝置的處理所產生之預測值產生程序之編碼資料進行解碼；

第 2 手段，根據在上述第 1 手段解碼之預測值產生程序，產生解碼對象影像所具有之像素之預測值；

第 3 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對藉由根據在上述第 1 手段解碼之預測值產生程序產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及

第 4 手段，根據在上述第 2 手段產生之像素預測值和在上述第 3 手段解碼之預測殘值信號，將解碼對象影像復原。

11. 一種影像編碼裝置，使用藉由使用解碼過之像素來預測編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對影像進行編碼，其特徵在於具備有：

第 1 手段，使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序，對具有預定大小之編碼對象影像部分進行編碼；

第 2 手段，對於在上述第 1 手段編碼時獲得之編碼對象影像部分之解碼影像進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之申請專利範圍第 7 項之像素預測值產生程序自動產生裝置的處理，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 3 手段，根據在上述第 2 手段產生之預測值產生程序，對在上述第 1 手段未編碼之編碼對象影像部分之像素產生預測值；以及

第 4 手段，對根據在上述第 3 手段產生之像素預測值算出之預測殘值信號進行編碼。

12. 一種影像解碼裝置，使用藉由使用解碼過之像素來預測

編碼對象之像素之值的預定之預測值產生程序產生之像素預測值來對經編碼之影像之編碼資料進行解碼，其特徵在於具備有：

第 1 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對使用不依照樹狀構造進化技巧產生之既存之像素預測值產生程序所編碼之具有預定大小之解碼對象影像部分之編碼資料進行解碼；

第 2 手段，在對上述第 1 手段解碼之解碼對象影像部分進行編碼之情況時，依照將表現樹狀構造用之資訊量估計為零而實行之申請專利範圍第 7 項之像素預測值產生程序自動產生裝置之處理，產生表示最佳之評估成本之預測值產生程序；

第 3 手段，根據在上述第 2 手段產生之預測值產生程序，對在上述第 1 手段未被解碼之解碼對象影像部分所具有之像素產生預測值；

第 4 手段，對在編碼側產生之編碼資料，亦即對利用根據在上述第 2 手段產生之預測值產生程序所產生之像素預測值所算出之預測殘值信號之編碼資料進行解碼；以及

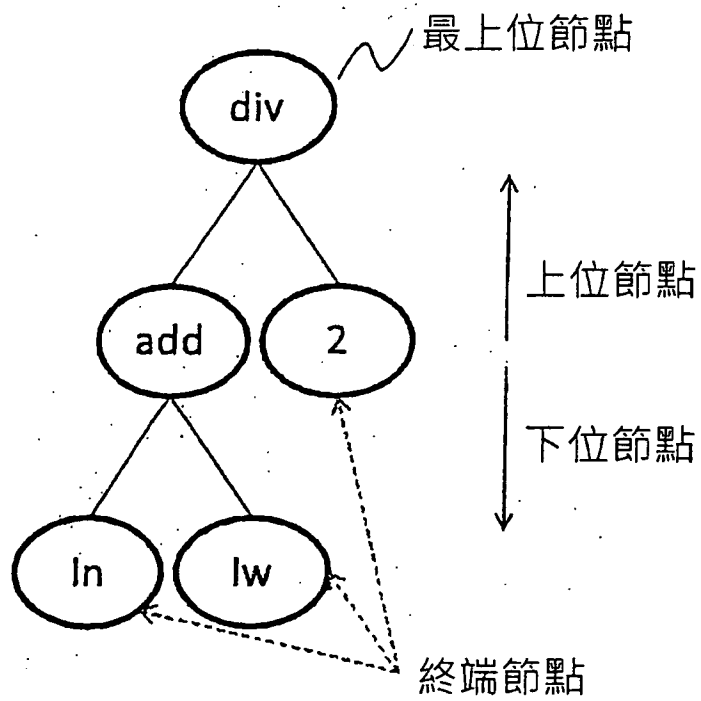
第 5 手段，根據在上述第 3 手段產生之像素預測值和在上述第 4 手段解碼之預測殘值信號，將在上述第 1 手段未被解碼之解碼對象影像部分復原。

13. 一種像素預測值產生程序自動產生程式，用來使電腦實行申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產

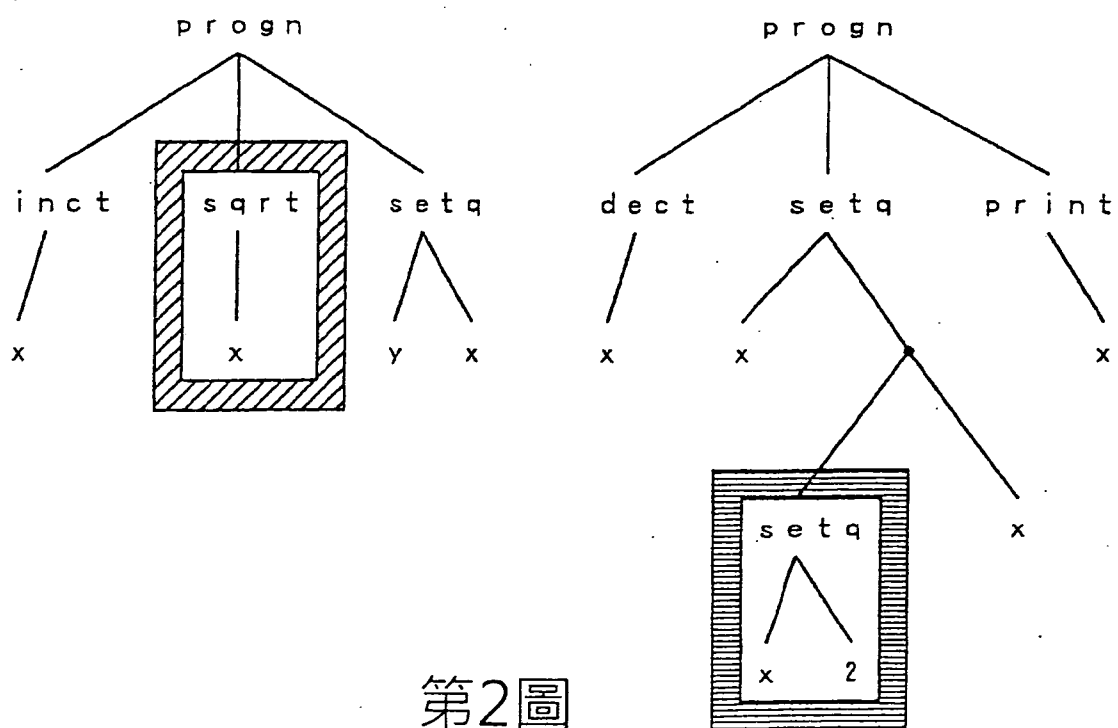
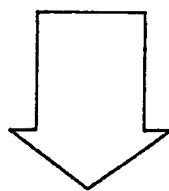
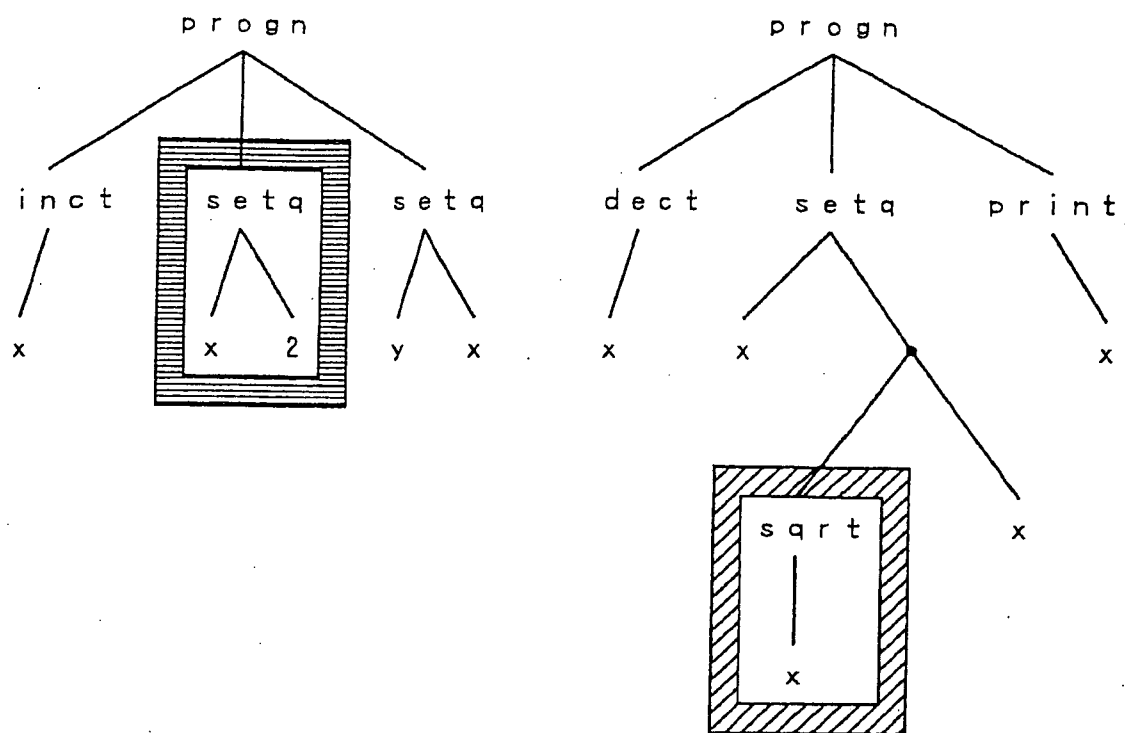
生方法。

14. 一種電腦可讀取之記錄媒體，記錄有用來使電腦實行申請專利範圍第 1 項之像素預測值產生程序自動產生方法之像素預測值產生程序自動產生程式。
15. 一種影像編碼程式，用來使電腦實行申請專利範圍第 3 或 5 項之影像編碼方法。
16. 一種電腦可讀取之記錄媒體，記錄有用來使電腦實行申請專利範圍第 3 或 5 項之影像編碼方法之影像編碼程式。
17. 一種影像解碼程式，用來使電腦實行申請專利範圍第 4 或 6 項之影像解碼方法。
18. 一種電腦可讀取之記錄媒體，記錄有用來使電腦實行申請專利範圍第 4 或 6 項之影像解碼方法之影像解碼程式。

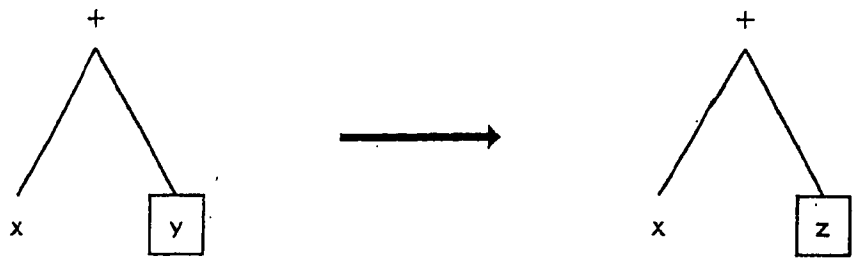
八、圖式：



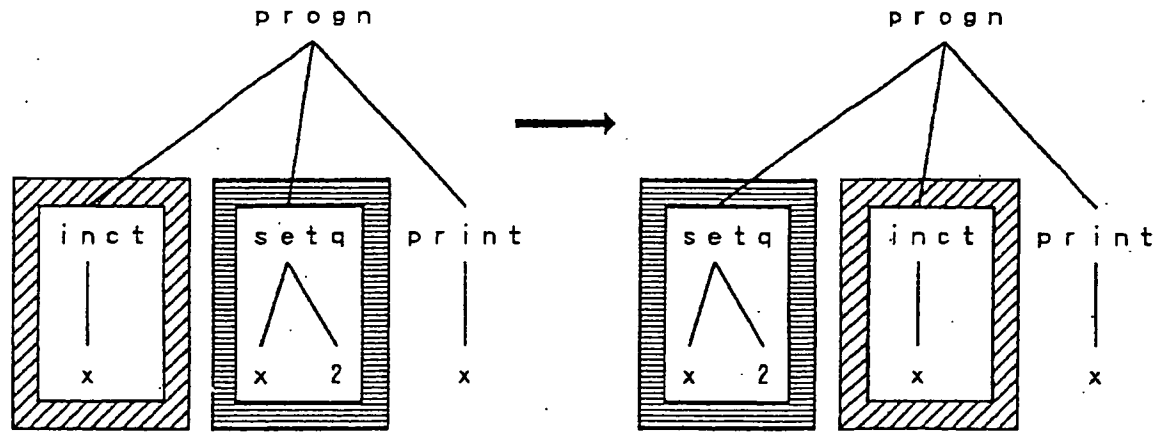
第1圖



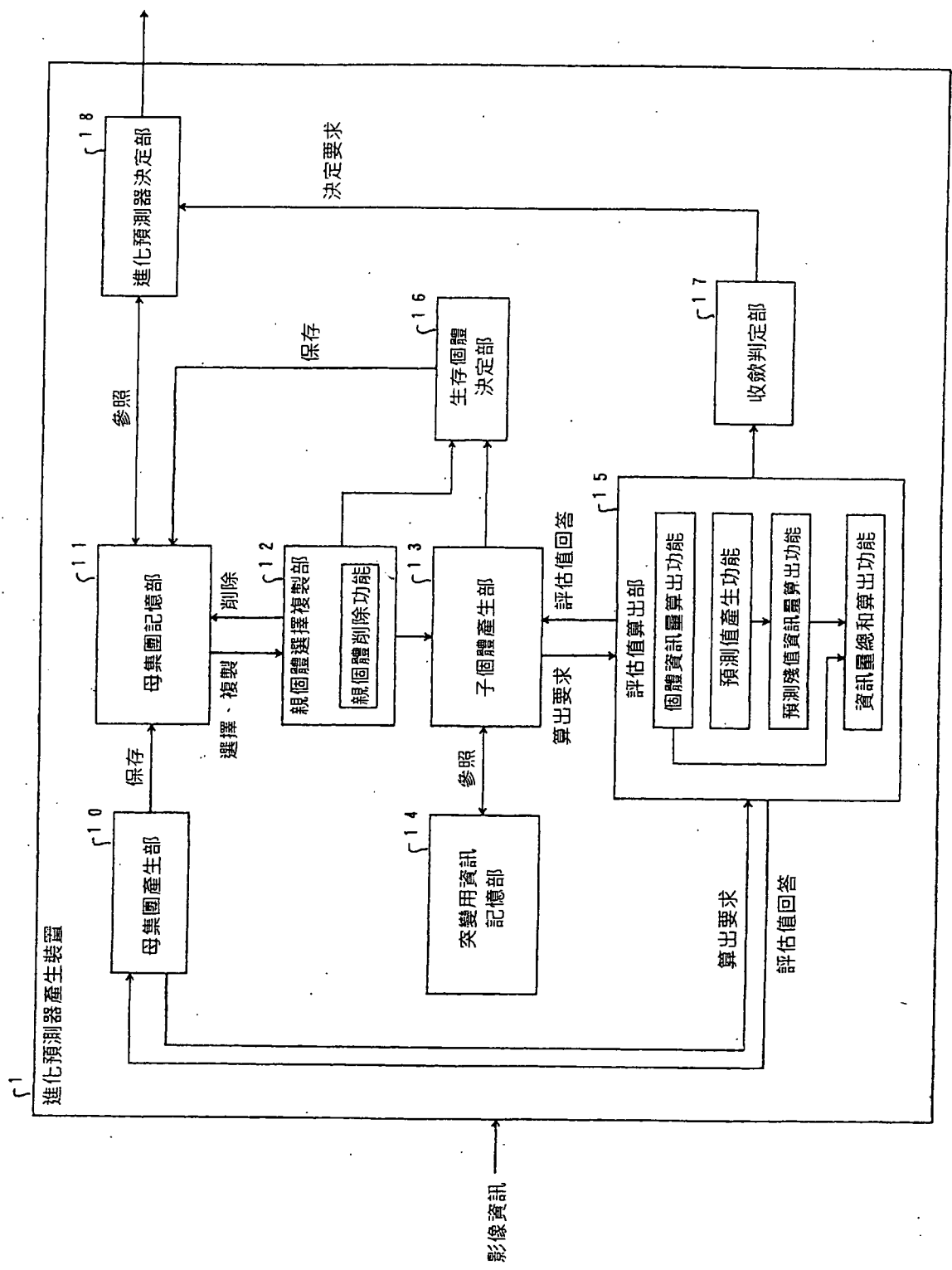
第2圖



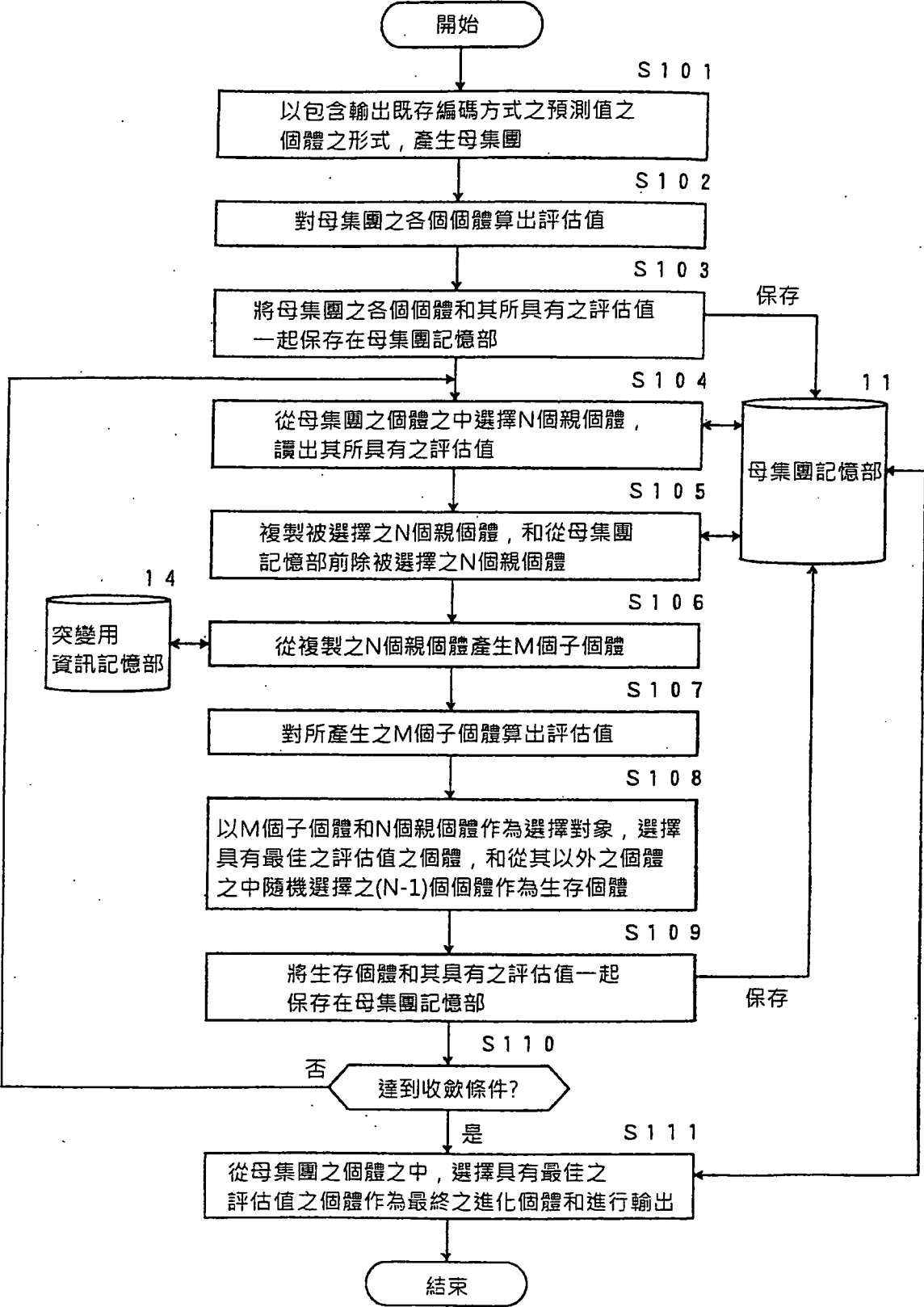
第3圖



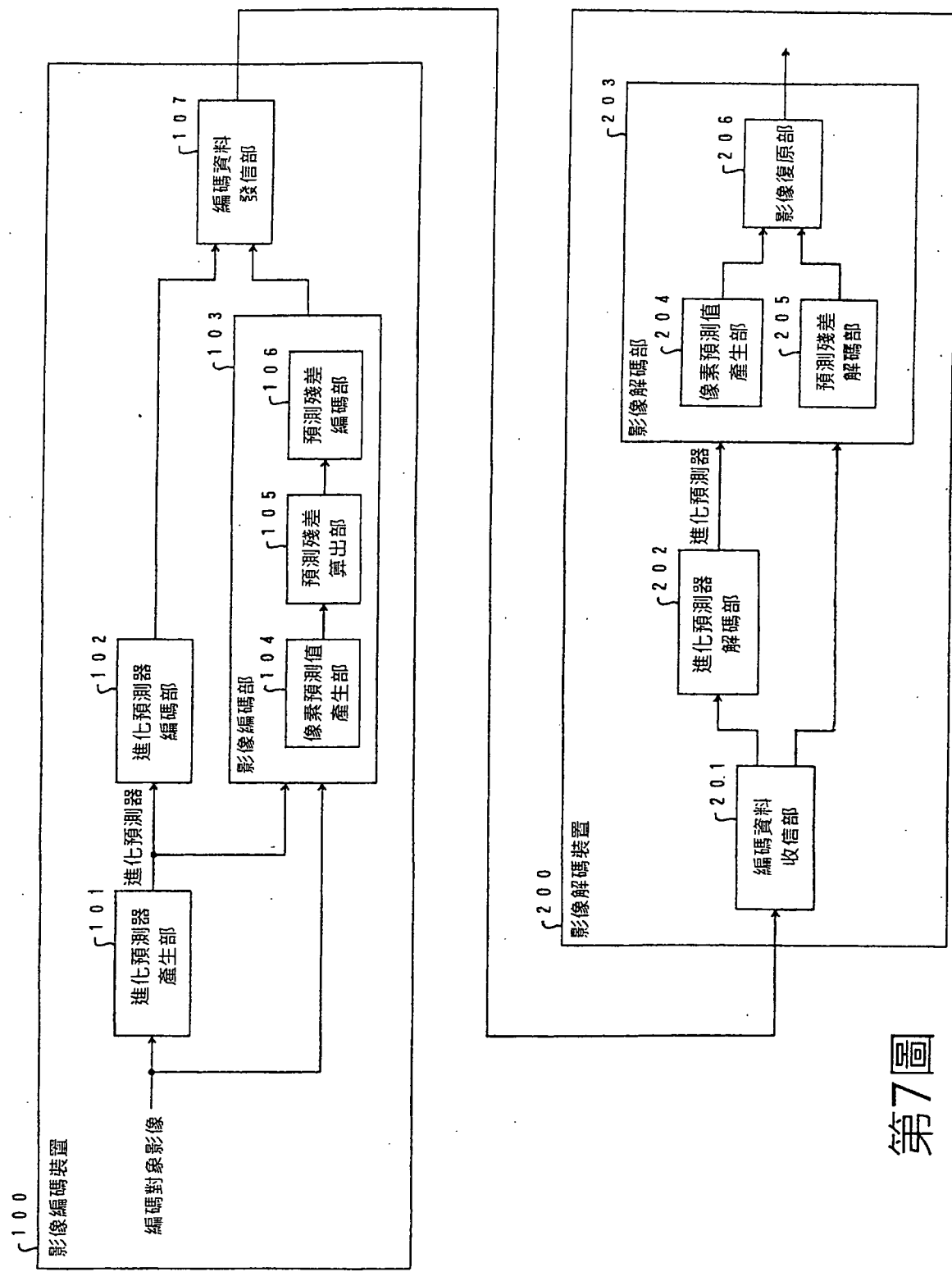
第4圖



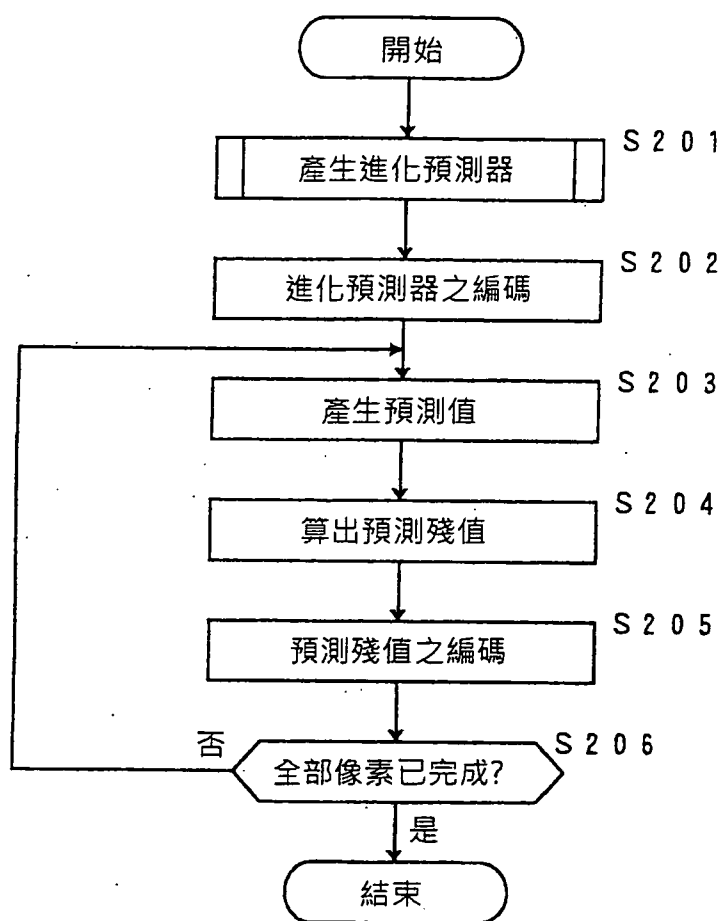
第5圖



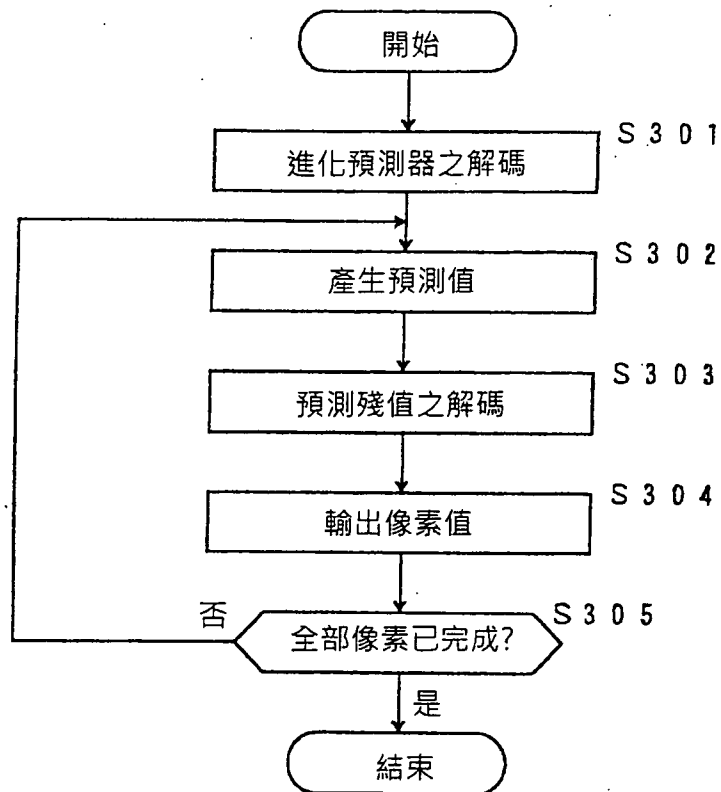
第6圖



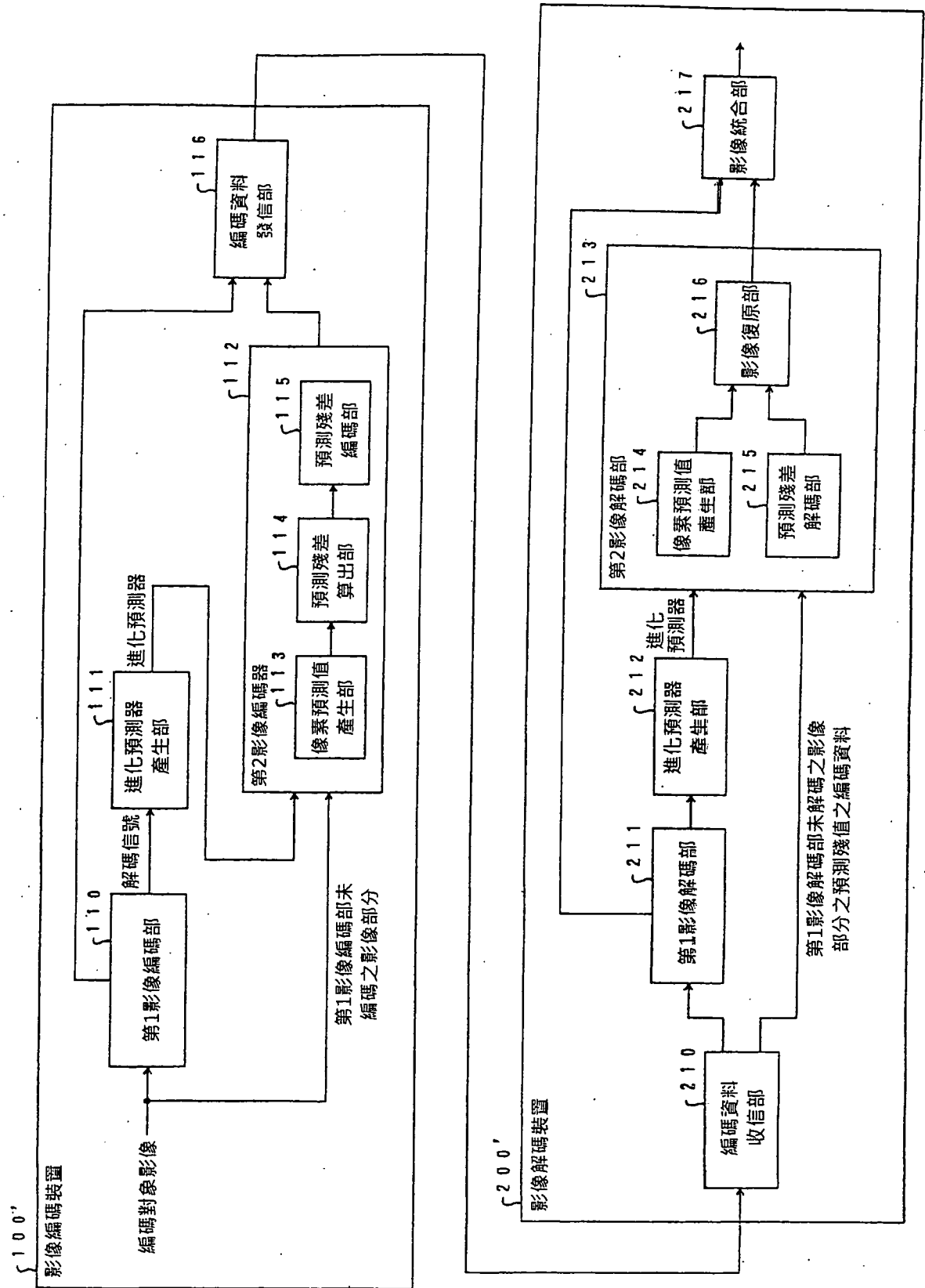
第7圖



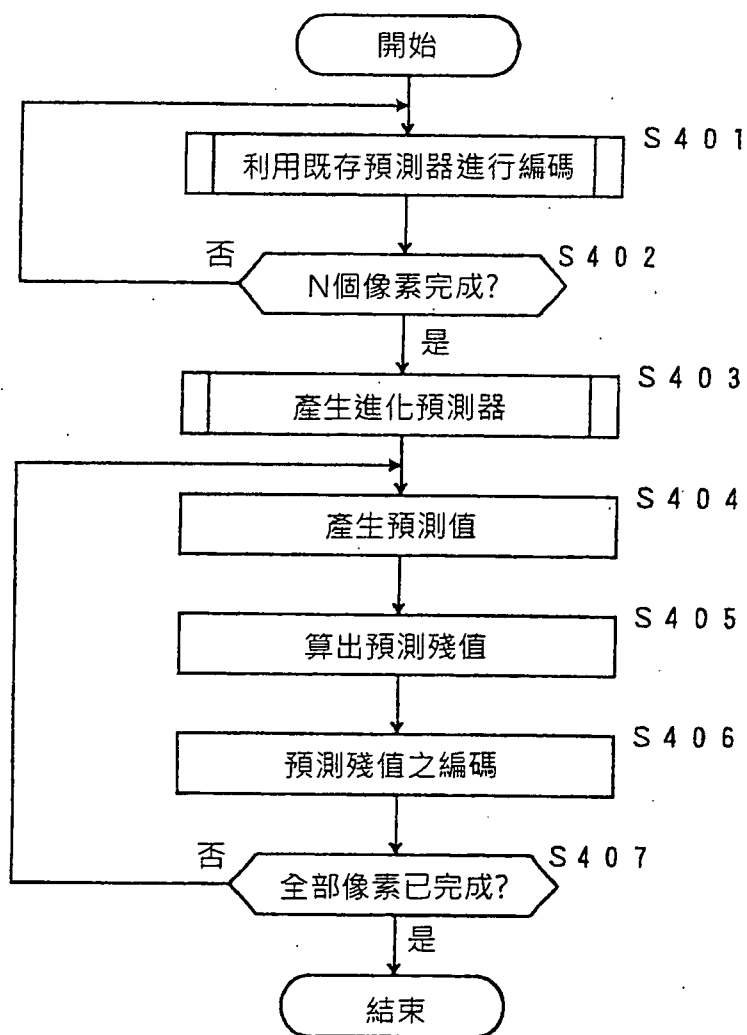
第8圖



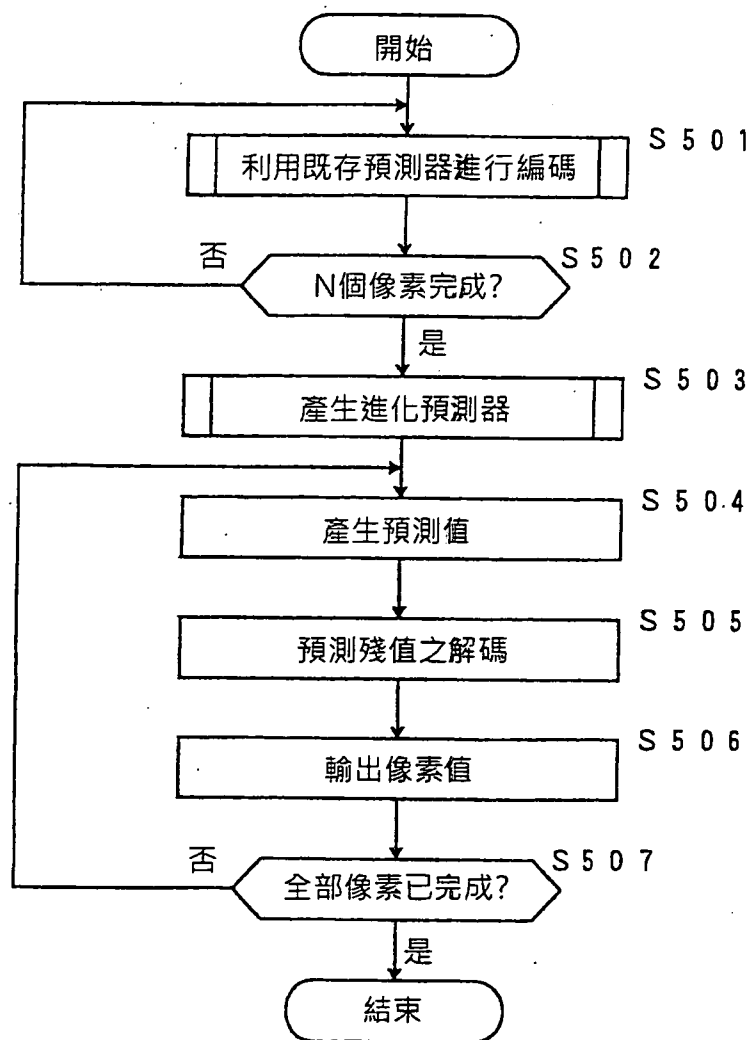
第9圖



第10圖



第11圖



第12圖

影像 預測器	Lena		Baboon		Airplane		Peppers		平均	
	X+Y [bpp]	來自提案 之 增加部分	X+Y [bpp]	來自提案 之 增加部分	X+Y [bpp]	來自提案 之 增加部分	X+Y [bpp]	來自提案 之 增加部分	X+Y [bpp]	來自提案 之 增加部分
LS	4.551	1.472%	5.521	0.989%	3.654	3.673%	4.465	2.502%	4.548	2.011%
LE	4.529	0.969%	5.506	0.704%	3.619	2.678%	4.417	1.394%	4.517	1.329%
GAP	4.539	1.208%	5.556	1.627%	3.568	1.241%	4.468	2.579%	4.533	1.678%
MED	4.692	4.609%	5.592	2.278%	3.644	3.393%	4.646	6.665%	4.643	4.156%
提案手法	4.485	(0%)	5.467	(0%)	3.525	(0%)	4.356	(0%)	4.458	(0%)
X (提案手法)	818[bits]		523[bits]		656[bits]		905[bits]		726[bits]	

第13圖

Inw	In	Ine
Iw	p	

第14圖