DIGITAL 制禦에 依한 R.I. Scanning에 있어서의 解像度의 向上

論 文
16—3—1

朴 寅 用

1. 序 論

放射性同位元素의 人體內 分布狀況을 走査記錄하는 R.I. Scanning은 近來에 와서 醫療診斷面에 있어서 極히 重要視되고 있으나 이 R.I. Scanning이 充分히 活用되려면 아직도 그 解像度를 經濟的인 方途로서 向上시켜야 하는 重大課題에 直面하고 있다. 放射性同位元素走査記錄(R.I. Scanning)에 있어서 解像度의 向上은 放射線檢出器및 그 "코리메타"(Collimator)의 改良으로 放射性同位元素의 分布情報를 效率的으로 檢出하는 問題와 檢出器에서 얻어진 分布情報를 가장 效率的인 方法으로 情報處理 하여 人間이 判讀 하기 좋은 分布圖로 만드는 記錄制禦問題의 두問題를 開發 함으로서 이룩될 수 있다. 前者의 檢出器및 "코리메타"에 關한 問題는 10餘年間의 많은 研究結果로 理論및 技術面에서 充分한 發達을 보았으나 後者의 記錄制禦問題는 比較的 充分한 開發을 보지 못하고 있는 實情이다.

記錄方式의 發達로서는 (1)Contrast 向上(2) Background 消去 및 (3)色記錄 (4)方式等의 開發로서 어느程度 解像度의 向上을 가져 왔으나 充分하지는 못하다. 이들 方式은 모두 記錄裝置가 放射線計數率計를 通하여 얻어지는 "아나로그"(Analog)制禦信號에 依하여 電氣機械的으로 動作 하게끔 되어 있다. 따라서 計數率計의 時定數에 따르는 制禦信號의 時遲延으로 因한 缺陷과 電氣機械的 制禦裝置의 複雜性을 避할 道理가 없다.

이와같은 從來의 記錄方式의 缺陷을 없애기 爲하여 檢出器에서 얻어지는 "디지탈"信號를 計數率計를 通하여 "아나로구"(Analog)化한 制禦信號를 쓰는 方式 代身에 "디지탈"信號를 直接 制禦信號로서 使用한 "디지탈"制禦에 依한 記錄方式을 開發하였으며 複雜한 電氣機械的制禦記錄裝置 代身에 單純하고도 信賴性이 있는 純 電子式으로 動作하는 制禦記錄裝置를 開發하였다.

本 論本은 새로히 開發된 "디지탈"制禦에 依한 記錄方式과 制禦記錄裝置의 情報理論에 立脚한 理論的 根據와 動作原理를 提示 하였으며 그 設計內容도 詳述 하였다. 그리고 開發된 "디지탈"制禦記錄方式으로서 色記錄과 多重點記錄을 판톰(Pantom)에 對하여 走査記錄한 試驗結果도 提示하였다.

(註) 이論文中의 그림은 原文의 것과 同一함

2. 新 記錄方式의 理論的根據

放射性同位元素分布走査記錄裝置는 情報原理上으로考察할때 一種의 情報變成器로 볼수 있다. 이 情報變成器에의 入力信號는 走査檢出器에 依한 放射線檢出에서 생기는 時間軸上에 羅列된 "팔스"系列로서 그 "팔스"의 周波數는 그때의 走査對象體의 位置에 있어서의 放射能을 나타내며, 時는 그 때에 該當하는 走査對象體의 位置를 나타 낸다. 그리고 出力信號는 人間의 視覺을 通하여 判讀될 放射性同位元素의 走査對象體內에 있어서의 分布狀況을 나타 내는 것이라야 한다.

따라서 情報理論上으로 要求되는 記錄系統의 特性은 다음과 같다.

1) 情報變成過程에 있어서 分布狀況에 關한 情報量의 損失을 最少로 할것.

2) 變成된 情報 即 分布圖는 人間의 視覺을 通하여 腦에 傳達되어 判讀함에 있어서 情報量의 損失이 最少인 가장 效率的인 形式 일것.

情報原理上 情報量은 變成 또는 傳達過程에 있어서 반드시 損失을 隨伴한다. 따라서 原來가 "디지탈"信號인 入力信號를 "아나로구"信號로 變成 하지 않고, "디지탈"信號로서 直接 記錄制禦를 하여 分布圖를 얻을수만 있다면, "디지탈"入力信號를 "아나로구"信號로 變成하여 그 "아나로구"信號로서 記錄制禦를 하여 分布圖를 얻는 過程보다 情報量의 損失이 적을 것은 明白한 事實이다. 그리고 "디지탈"入力信號를 "아나로구"化 하는 計數率計의 時定數에 起因한 制禦信號의 時遲延은 位置情報의 雜音(noise)役割을 하여 位置와 放射能의 結合情報인 分布圖에 있어서 커다란 情報量損失을 招來 하는데 이 計數率計를 뺄수 있음으로서 情報量損失을 最少로 할수 있다.

時間軸上의 "팔스"列로 된 入力信號로 부터 走査對象體의 位置와 그 位置에 있어서의 計數率 即 放射能의 情報를 "디지탈"信號로서 얻을려면 이 "팔스"時列을 適

當한 數의 要素들로 나누어 各 要素가 그의 位置를 나타내며 그要素內에 包含된 "팔스"數가 그要素의 放射能을 表現 하게끔 하여야 한다.

그런데 萬若에 나눈 要素의 數가 1이라고 하면 그 要素內에 包含된 "팔스數" 即 放射能의 情報量은 最大가 될 것이나 그 反面 位置의 情報量 即 나눈 要素의 數는 最少가 된다. 이와 反對로 나눈 要素의 數가 無限大에 接近 하면 位置의 情報量은 最大가 되는 反面 各要素가 內包한 "팔스"數 即 放射能의 情報量은 最少가 될것이다. 따라서 位置와 放射能의 綜合情報인 分布圖의 情報量을 最大로 하는 要素의 數 即 最適要素數가 存在 할 것이다. 이 最適要素數를 情報理論的으로 解析 導出하기 위하여 다음과 같이 定하자.

T : 總走査時間

C : 總走査時間內에 計數한 總計數

t : 要素當의 走査時間

n : 走査像을 形成하는 要素의 數($=c/m=T/t$)

m : 要素當의 平均計數($=c/n$)

i : 要素當의 情報量

要素當의 情報量은 우리들이 그 要素를 觀測 할때 얻을수 있는 情報量이라고 規定하면

$$i=\log m-\log(2\pi em)^{1/2}=\log(m/2\pi e)^{1/2}$$

여기에 있어서 $(2\pi em)^{1/2}$는 放射線放出의 統計的本性에 起因한 것으로서 같은 確率로서 計數될수 있는 可能數이다. 即 放射線의 眞計數値가 m 일때 m計數가 나올 確率이 m 인데 對하여 m 아닌 計數가 나올 確率이 $(2\pi em)^{1/2}$ 있다는 것이며 이것은 雜音으로서 그 만큼 情報量을 減少시킨다.

우리들이 觀測한 計數가 充分히 큰 數임으로 Poisson 分布를 正常分布에 近似하다고 假定 한다면 正常分布內의 情報量은 幅이 "$(2\pi e)^{1/2}$ 標準偏差$=(2\pi em)^{1/2}$인 矩型分布內의 것과 같다는 것은 쉽게 알수 있다(5).

이제 얻어진 分布像이 가진 總情報量 "I"는 各要素가 갖인 情報量 總合計입으로 "m"의 函數로서 表示 된다.

$$I=n\log(m/2\pi e)^{1/2}$$

$$=(c/m)\log(m/2\pi e)^{1/2}$$

$$\frac{dI}{dm}=(c/2m)\{1-\log(m/2\pi e)\}$$

따라서 "I"는 $m=2\pi e^2\fallingdotseq 46$ 또는 $n=c/m\fallingdotseq c/46$ 일때 最大値가 됨을 알수 있다. 이때의 한 要素當의 情報量은

$$i=\log(m/2\pi e)^{1/2}=\frac{1}{2}\log e=\frac{1}{2}\text{自然單位이다.}$$

다음의 問題點은 人間의 視覺을 通하여 分布像을 傳達하여 判讀하는데 가장 適合한 分布圖의 記錄形式을 決定 하는 問題이다.

現今 까지는 視覺을 通한 腦에의 情報傳達과 腦의 判讀에 關한 情報傳達函數가 알려져 있지 않으며 알 方途도 없음으로 最良記錄方式의 決定은 經驗과 實驗에 依存하는수 밖에 道理가 없다.

一般的인 實驗으로서 公認된 事實은 人間의 視覺은 明暗度의 變化에 對하여는 그렇게 銳敏하지 못하나 色度의 變化에 對하여는 퍽 銳敏 하다는 事實이다. 이點으로 본다면 放射能度를 明暗度로 表示하는 것 보다는 色度로서 나타 내는 것이 좋다고 思料 된다. 그러나 또 한面으로는 人間의 頭腦는 平面上에 分布된 明暗度나 打點密度의 變化를 가장 좋은 可變解像面積으로 分割計算하여 判讀 하는 能力이 있는 것으로 보인다. 萬若에 明暗度나 打點密度가 放射能度와 適當한 線型的比例關係로 決定 된다면 이와같은 記錄方式이 色記錄方式 보다 더욱 좋은 解像度를 줄 可能性도 있다.

以上과 같은 理論的解析結果로서 다음과 같은 結論이 얻어진다.

1) 記錄系統의 制禦에는 時遲延이 있어 分布像의 情報量을 損失케 하는 "아나로"信號 代身에 "디지탈"信號를 써야 한다.

2) 記錄된 分布像의 情報量을 最大로 하기 위하여 像要素當의 平均計數가 $2\pi e^2\fallingdotseq 46$ count 가 되도록 할것.

3) 色記錄에 있어서는 計數의 統計的 分布를 考慮하여 7種의 色으로 表示하는 것이 合理的이다. 即 統計的 標準偏差 또는$\sigma=\sqrt{m}=\sqrt{2\pi e^2}\fallingdotseq 6$ 7이며 合當한 計數率準位數는

$m/\sigma\fallingdotseq 6$ 또는 7이다.

4) 人間頭腦가 明暗變化나 打點密度變化로 構成된 像에 對하여 最大情報量을 얻도록 解析하는 能力이 있다는 點을 考慮 한다면 色記錄 보다는 明暗度나 打點密度가 放射能度와 適合한 比例關係를 가지게끔 콘트라스트(Contrast)를 向上 시킨 打點記錄 또는 黑白寫眞記錄이 더욱 좋을 可能性이 있다. 이때는 像要素當의 計數는 可能한 限 最少로 하고 像要素數를 最大限으로 하는 것이 合理的이다. 即 分布圖는 無限數의 像要素 다시 말하여 像要素를 決定 하지 않는 分布圖로 하여 人間頭腦의 像解析力에 依하여 最大情報量을 얻게끔 하는 것이 合理的이다.

3. 新記錄系統의 原理및 設計內容

開發한 記錄系統의 "블럭"圖를 **그림(1)**에 提示 하였다. 이 記錄制禦系統에 있어서는 記錄의 制禦信號를 "디지탈"計數率回路로 부터 3자리 2進數으로서 얻으며 2進數의 各 자리는 그에 該當하는 記錄裝置를 純電子式으로 制禦動作케 한다. 即 計數率은 從來方式과 같이 計數率計를 通한 "아나로구"信號로서 얻는 것이 아니라 "디지탈"計數率回路로 부터 設定한 固定時間 동안의 入力放射線數를 計數하는 "固定時間計數法"이나 또는 設

定한 一定放射線數를 計數하는데 要하는 時間을 時計 "팔스"의 數를 計數하는 "固定計數時間法"의 두 方法中 한 方法을 "機能選擇스윗치"(Function Selection Switch)로서 擇하여 2進計數回路의 3段에서 3자리2進數로서 얻는다.

이 "디지탈"計數回路는 두個의 7段2進計數器로서 構成 되었으며, 그 하나는 固定計數器이고 또하나는 制禦計數器이다. 이 두 計數器는 機能選擇스윗치의 選擇에 따라 한쪽은 入力放射線팔즈를 計數하고 또 하나는 60cps의 時計팔즈를 計數한다. 固定計數器의 出力팔즈는 制禦計數器의 "트란지스타"로 된 "리셑스윗치"(Reset Switch)를 動作시켜 "리셑"과 "리셑" 싸이에 計數되어 蓄積된 數를 終側의 3段으로 부터 3자리2進數 "팔즈"로 내어 주게 하며, 이 制禦計數器의 出力"팔즈"는 各段에 該當 되는 制禦팔서(Control Pulser)에 들어가서 이를 動作케 하여 記錄動作을 한다.

固定計數器의 出力 "팔즈"는 實際의 裝置에 있어서는 于先 "單發말티바이브레타"(One Shot Multivibrator)를 트리가(Trigger)하여 팔즈幅이 10μS인 "팔즈"를 만들어 이 "팔즈"로서 "리셋스윗지"도 動作 시키며 또한 記錄制禦팔자에도 供給함으로서 機能의 信賴性을 높였으며 리셑時間(reset time)를 짧고도 信賴性 있게 함으로서 그동안에 들어오는 "팔즈"의 計算損失을 無視할수 있을 程度로 만들었다.

制禦回路는 리셑팔즈(reset pulse)와 制禦計數器가 리셑(reset)될때 나오는 出力팔즈가 同時에 들어와야만 "팔즈"를 내는 "코인시덴트" 팔자(Coincident Pulser)이다. 이制禦팔자의 出力"팔스"의 振幅은 充分히 커서 스토로보管(stroho tube)와 放電記錄를 트리가(Trigger)하게 한다. 이와같은 制禦팔자는 꼭 같은 것이 3個 있어 各各 該當된 制禦計數器의 3個의 段으로 부터 入力팔즈를 받아서 그段에 該當된 數의 放電記錄點과 色의 스토로보管을 트리가 한다. **그림 2**에 이 制禦回路圖를 提示하였서며 放電記錄點의 構成을 表示 하였다.

色記錄은 3가지 2進數의 各자리에 該當하는 3要素原色으로서 赤色, 綠色, 靑色을 擇하였으며 이들의 2進數에 따라 發光 함으로서 7種의 組合色中의 한色를 나타내게 하였다. 3原色을 發光하는 3個의 "스트로管"은 한 光源容器內에 들어 있으며, 이 光源容器는 機械的으로 走査檢出器 및 放電記錄點과 直結되어 같은 走査運動을 하게 되어있다. 光源容器의 上部에 붙어 있는 스릿트(slit)는 半透明體의 短形으로서 走査運動方向이 反轉될 때 마다 스릿트幅의 半만큼 運動方向의 反對쪽으로 移動하게끔 되어 있어 分布像 構成에 있어서 像要素의 位置記錄上 正確을 期하고 있다. 分布像은 走査期間 갔다가 열려 있는 寫眞機에 依하여 天然色필림에 感光記錄되며 走査 끝난後 現像하여 投影機로서 原型大로 擴大投影하여 判讀 하게 된다. 天然色 寫眞으로 記錄 하는 만큼 現像作業 投影等의 操作上의 複雜性은 있으나 從來의 電磁機械的 制禦機構로 構成된 記錄裝置에 比하면 훨씬 單純한 構造이며 또한 純電子的動作임으로 信賴成도 높다.

多重點記錄은 記錄器가 3個의 放電針으로 構成되어 있고 各各의 放電針은 該當되는 2進數 자리의 數 即 1, 3, 4, 個의 放電端을 가지고 있어 制禦計數器의 出力에 따라 1에서 7까지의 7種中 한數의 放電點을 記錄하게 되어 있다. 그리고 固定計數時間計數法에 있어서는 制禦回路는 리셑(reset)팔즈가 있을 때만 動作하나 리셑팔즈와 同時에 制禦計數器 出力팔즈가 있으면 팔즈를 發生하지 않고 리셑팔즈 만이 있으면 팔즈를 發生 하는 Anticoincident Pulser로 되며 記錄裝置도 固定時間計數法 때와는 反對의 順으로 接續 된다.

計數器를 2進計數를 使用한 理由는 2進計數器가 工學的으로 가장 信賴性과 經濟性이 있기 때문이며 7段을 擇한 理由는 分布像이 最大의 情報量을 가지게 하는 要素當의 最良計數 約 46connt를 計數함에 있어서 7段은 必要하고도 充分한 條件이기 때문이다.

4. 實驗結果 및 結論

그림—3에 表示 한것과 같은 "판톰"(Pantono)을 "固定時間計數法"과 固定計數時間計數法"으로 各各 여러가지의 固定 計數値의 設定下에서 色記錄과 多重點記錄을 同時에 走査記錄해 보았다.

그리고 이와 같은 試驗走査記錄을 여러가지의 Pantom 條件下 即 팬톰에 注入한 放射性液의 比放射能을 여러가지로 變化 하였을 때 各各 走査記錄하여 보았으며 같은 條件下에 從來의 商用化된 scanner로서 錄한여 走査記錄한 것과 比較檢討하여 다음과 같은 結解을 얻었다.

1) 이 記錄方法으로서 從來에 下可避했던 制禦信號의 時遲延에 起因한 缺陷을 完全히 消去 할수 있다.

2) 制禦및 記錄裝置가 純 電子式이며 從來의 것에 比하여 大端히 單純함으로 信賴性과 經濟性이 크게 向上 되었다.

3) 多重點記錄은 特히 固定計數時間計數法으로 하였을때 좋은 像寫眞效果와 適合한 콘트라스트(contrst)向上으로 因하여 判異하게 解像度가 向上 되었다. 이 記錄에 있어서는 打具密度는 入力팔즈 周波數 即 放射能의 自乘에 比例 하게 된다.