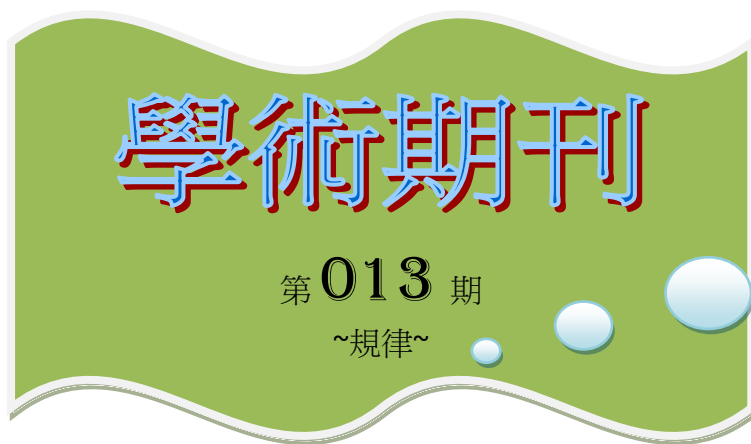




本期內容：

- ◎非線性雷射動力學實驗室介紹
- ◎魚群動態分析

非線性雷射動力學實驗室介紹

撰文 黃柏勳、曾聖維

構成雷射的要素有三項：激發光源(pumping source)、增益介質(gain medium)、共振腔(resonant cavity)。而依照雷射使用的增益介質不同，雷射又可分為：氣體雷射、液體雷射、固態雷射……等不同種類的雷射，顧名思義氣體雷射是以氣體當作增益介質，例如：氦氖雷射、二氧化碳雷射；以液體為增益介質的液體雷射，例如：染料雷射；以固體為增益介質的固體雷射，例如：紅寶石雷射。

雷射的物理機制是，先利用激發光源將增益介質中的電子激發至激發態，而這些處於激發態的電子，有一部份在經過一段時間後，會輻射出光子躍遷回基態，這就是所謂的「自發放射」(spontaneous emission)。這些自發放射的光子在共振腔內來回振盪，並對處於激發態的電子作用，使其躍遷回基態，此種過程則稱為「受激放射」(stimulated emission)。值得注意的是這種受激放射所產生的光，其波長與相位皆與引發它的自發放射光一致。我們可以想像一顆 a 光子被增益介質吸收後經由自發放射放出了一顆 b 光子，b 光子引發激發態電子產生另一顆 b 光子，此時共振腔內就有兩個波長與相位一致的 b 光子。由於這些 b 光子在共振腔內來回振盪，於是 b 光子的數量就會持續增加而使得光強度增強了。由此可知，受激放射是雷射光產生的重要過程。

目前我們實驗室是以微晶片型固態雷射作為研究的對象，也就是利用在晶體薄片兩端鍍膜的方式來形成雷射共振腔，並使用 808 nm 波長的二極體雷射當作激發光源，經過物鏡聚焦到研究晶體上激發出雷射光，再經由後續測量儀器進一步去分析所激發出來的雷射光束特性。而微晶片型固態雷射能讓整體雷射系統體積減小，並且因為其較短的共振腔使雷射產生較少的縱模而降低系統的複雜性。

由於過去實驗室的學長姐們已經累積了增益介質 Nd:YAG、Nd:YVO₄、Nd:GdVO₄ 的實驗結果，因此我們將針對新購進的 Nd:YLF 和 Nd:KGW 進行研究，觀察它們雷射光的輸出特性與之前的研究結果之異同，例如：輸出-輸入曲線、波形、RF 頻譜、光頻譜等等。



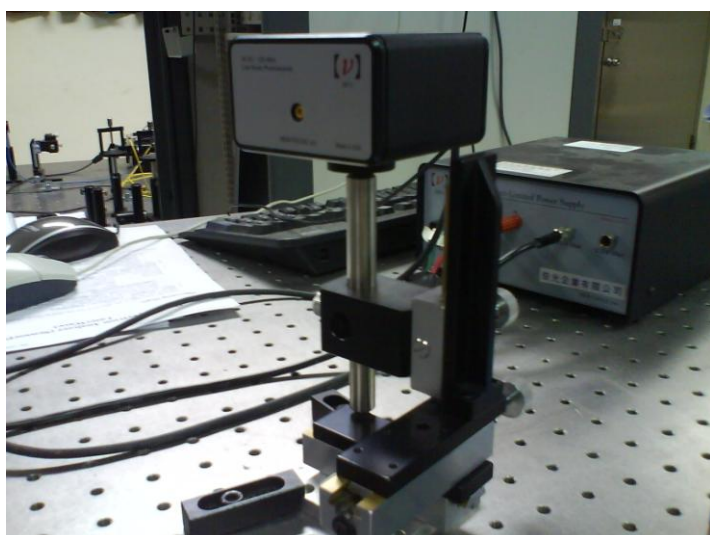
照片(1) Nd:GdVO₄
黃色部分為銅金屬，晶體為黏
在銅上方淡藍色小塊

Nd:YLF 晶體比起其他晶體有熱致雙折射效應不明顯與上能階粒子可停留時間較長兩大優點。熱致雙折射效應主要是由於物體受熱膨脹使得物體內部各點受力不均而造成的雙折射效應，當溫度越高時熱致雙折射會越明顯，因此一般晶體會因熱致雙折射而限制其激發光源的功率，相對於此 Nd:YLF 的激發光源可使用的功率範圍較一般晶體廣。而上能階粒子可停留時間較長則是有利於應用於脈衝雷射方面，當同一時間能激發到上能階的粒子數是相同的時候，上能階粒子可停留較長表示我們可以使得上能階存在的粒子數更多，那麼當其產生受激放射時其功率也會增強。目前主要是以示波器和頻譜分析儀對其雷射光做簡單的分析，接下來的目標是改變不同的激發條件去觀察不同激發條件對其影響。

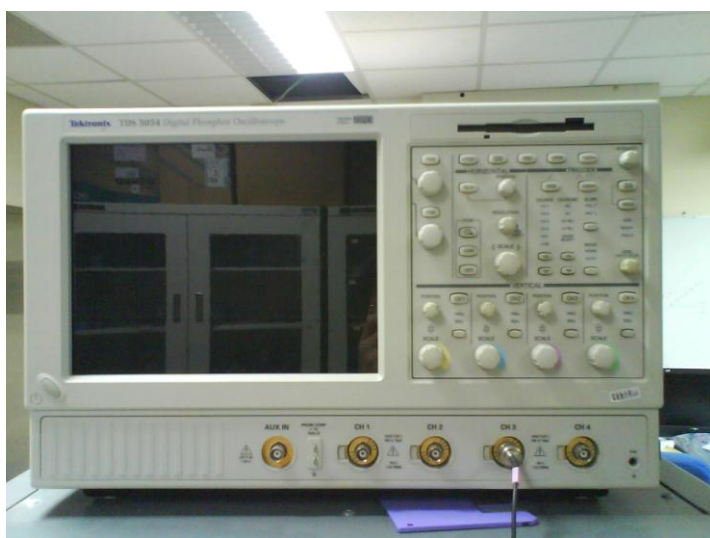
Nd:KGW 晶體是一種各向異性的晶體，也就是說在不同的晶軸方向上如折射率、熱導率...等等性質會有所差異，也增加了晶體的複雜度。此外，因為 Nd:KGW 晶體的熱傳導係數約為 Nd:YAG 晶體的 1/3，所以熱效應對雷射光的輸出產生較大的影響，也限制著激發光源的功率。但 Nd:KGW 晶體也有其優點，與 Nd:YAG 晶體相比在吸收峰值 808 nm 擁有較大的吸收截面和較寬的吸收線寬，可以更有效的吸收來自二極體雷射激發光源所提供的能量，並且 Nd:KGW 晶體也是一種自拉曼晶體，經由自拉曼效應將產生的雷射光波長轉換成對人眼來說是安全的雷射光，而廣泛的應用在醫藥、通訊 等等方面。相對 Nd:YAG、Nd:YVO₄、Nd:GdVO₄ 幾種不同的晶體來說，對於 Nd:KGW 晶體的研究是較為稀少的，也有更多值得研究的空間。



照片(2) 實驗裝置



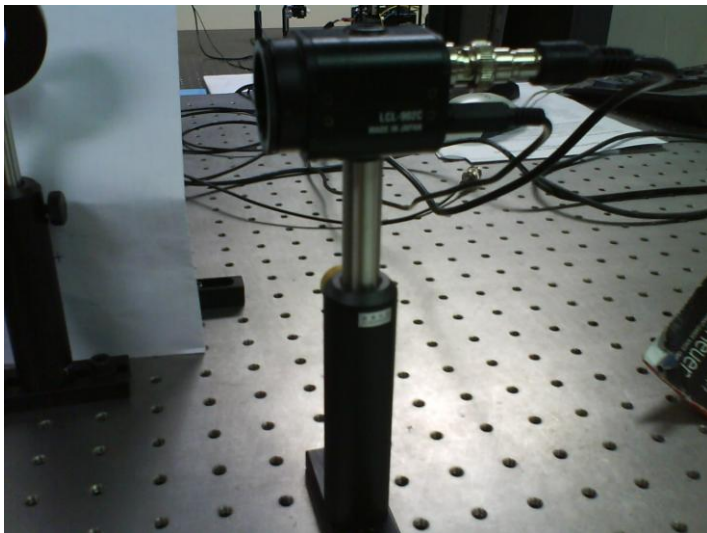
照片(3) 光偵測器



照片(4) 示波器



照片(5) 頻譜分析儀



照片(6) 電荷耦合元件，
簡稱 CCD
(Charge-Coupled Device)

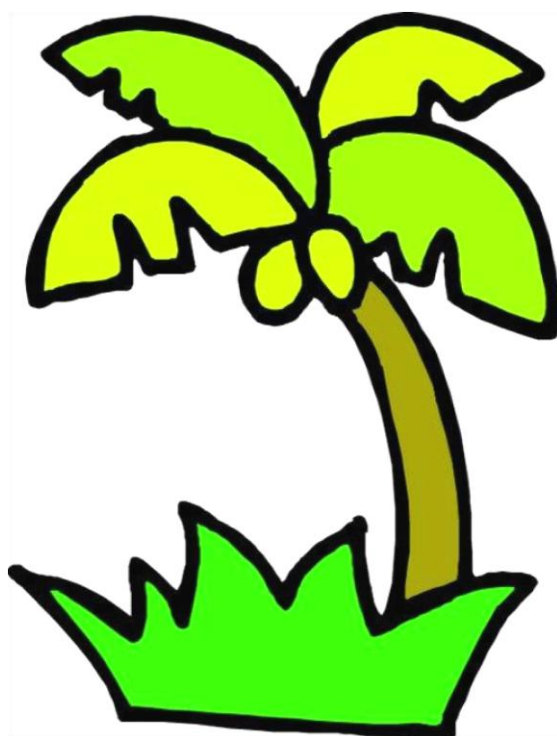


照片(7) 二極體雷射
(電源供應器)

◎本文感謝 雷射動力學實驗室學長 黃柏勳、曾聖維 撰文

◎感謝 柯景元老師 校閱本文

◎感謝 曾聖維學長 協助照片拍攝



魚群動態分析

撰文 陳家菡

簡介

在十九世紀初期，英國植物學家布朗(Robert Brown)以顯微鏡觀察懸浮於水中的花粉粒子，當花粉漂浮於水中時，會呈現連續且不規則的運動，一般稱之為布朗運動(Brownian motion)。該種隨機運動過程可見於日常生活中，例如光線照入暗處時，從光束中可看見許多灰塵粒子在空氣裡不規則的移動，但這種符合布朗運動的粒子大多為無生命且無自由意識的個體。與之相對的是自驅動粒子*

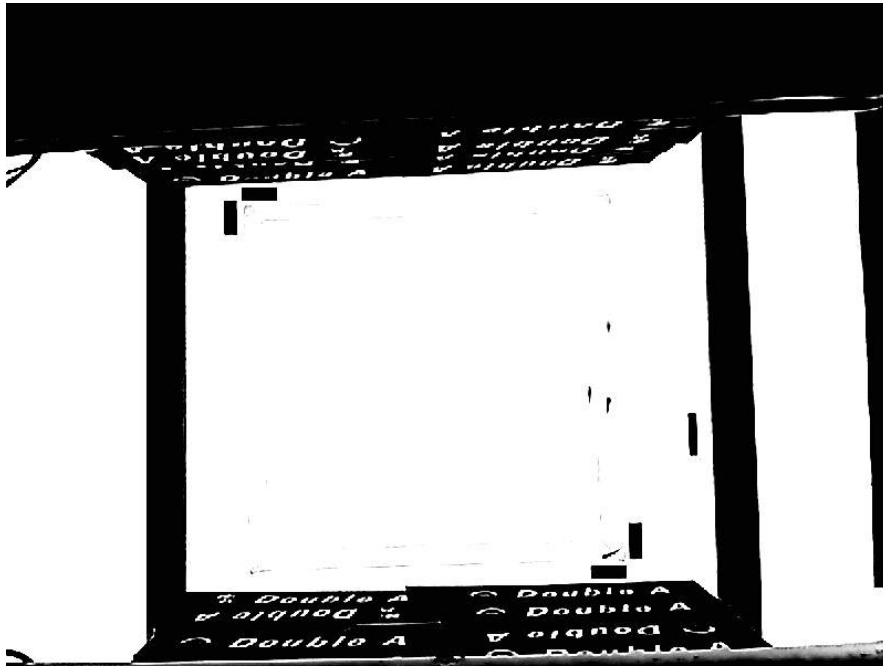
(Self-driven particle)，自驅動粒子與布朗粒子的明顯不同之處在於 (1)自驅動粒子會避免與其他粒子碰撞, (2)自驅動粒子的運動狀態會受周遭粒子的影響，有生命且有自由意識的粒子皆可視為一種自驅動粒子。

自然界中有許多有生命與無生命的粒子同時存在著，布朗運動與布朗粒子的秘密在上個世紀已慢慢的被解開；自驅動粒子與其構成的集體行為亦令人好奇，例如鳥群、魚群、蜂群、人群等等。1995 年，Tamás Vicsek 提出一個模型，試著去模擬自驅動粒子與眾多粒子間之交互作用，以嘗試尋找其中的規律。

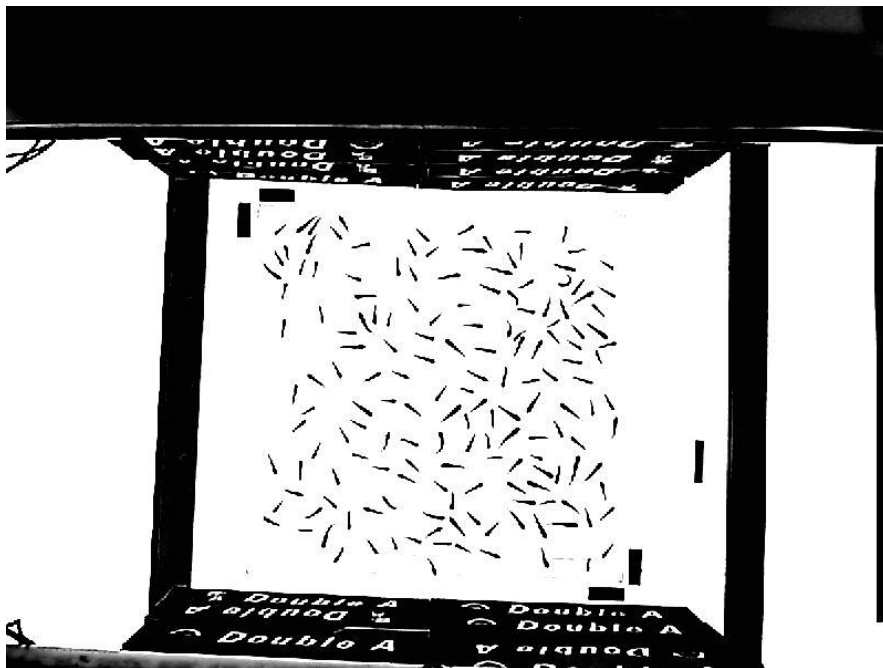
*自驅動粒子(Self-driven particle)=自走式粒子(Self-propelled particles)

實驗裝置與方法

45(cm)*45(cm)*6(cm)的透明壓克力箱，裝入大約 $1.6(\text{cm}) \pm 0.1(\text{cm})$ 的水，使得魚群在空間中為二維的運動，依序放入要錄製的魚數，然後錄製。圖一與圖二分別魚數少與魚數較多的影像擷取圖，我們採用黑白的方式記錄圖像，以利分析。

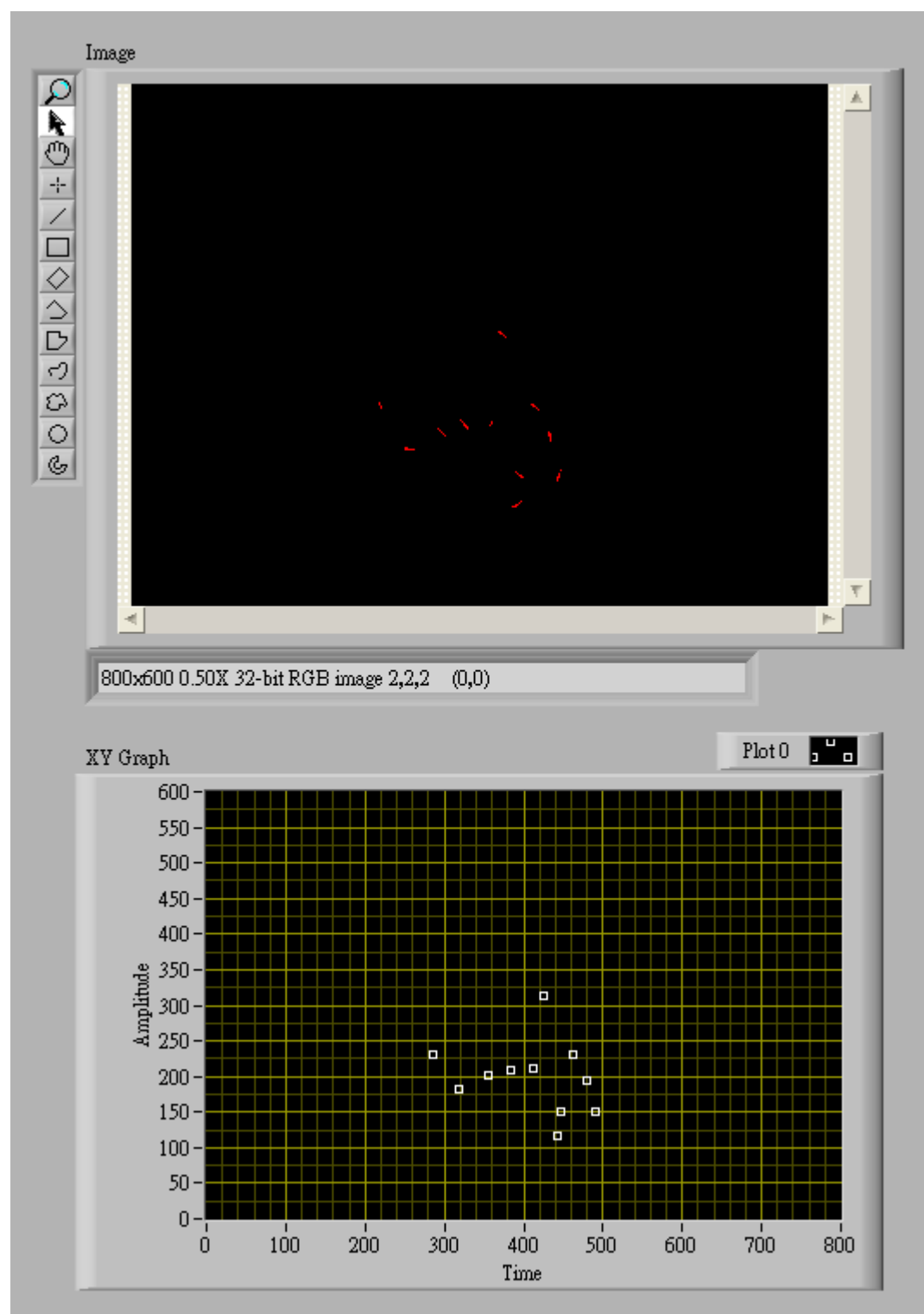


圖一、魚群與實驗裝置的影像(魚數少)



圖二、魚群與實驗裝置的影像(魚數多)

接著將錄製好的影像，放入 Labview，如圖三，分析其軌跡。



圖三、Labview 處理過後的影像

實驗觀察與目前在進行的分析

1. 在低密度下魚與魚之間是相對群聚的，最鄰近距離平均相對較小；在高密度下相對為分散的，最鄰近距離相對較大。

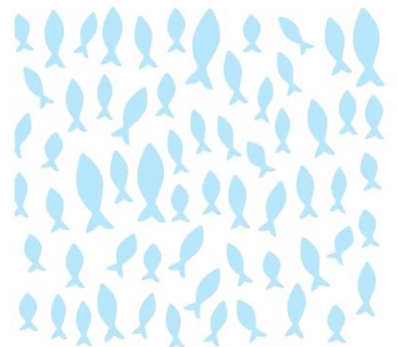
最鄰近距離：例如以我為中心有 5 個鄰居，就會有 5 個距離，在這 5 個中挑出距離最短的，即為最鄰近距離。

將進一步比較不同的魚種，是否也有其特性，也可與其他論文做比較。

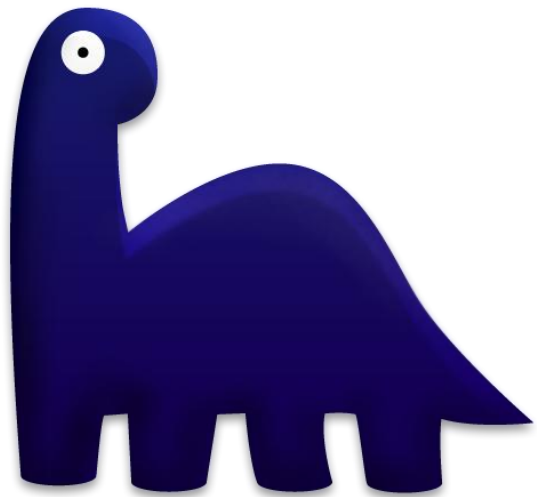
2. 亂度值介於亂數與規則排列間。代表其個體的運動**非隨機**(非高斯分佈)的行為，可進一步探討。
3. 分析**軌跡**了解其動力學性質。
4. 分析**密度**了解密度與態的變化。

探討主題

我們在實驗室以魚群為觀察對象，用影像擷取裝置錄製魚群的群聚行為，進而以 Labview 處理實驗影像並分析其軌跡。魚群軌跡分析結果顯示，其群聚與分散之現象與傳統三態的相變、車流相變等等一階相變有類似之處，似乎有一個臨界密度存在，超過臨界密度群體會發生巨大的變化，例如 0°C 冰變成水、車流從順暢變塞車、魚群由群聚變分散，等等。為何一群無生命與有生命的粒子會呈現出相同的物理現象？這其中有什麼奧秘？這是目前實驗室持續在探討的主題之一。



◎本文感謝複雜系統實驗室學姊 陳家菡 撰文
◎感謝 利見興老師 校閱本文



指導老師：柯景元 老師、利見興 老師
監 製：周欣毅
主 編：馮維祥
發 行：國立高雄師範大學 物理學系 學術組
日 期：2011 年 5 月 初版