



(21)申請案號：107142123

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 26 日

(51)Int. Cl.：

G06T7/55 (2017.01)**G05D1/06 (2006.01)****G06T7/593 (2017.01)****G06K9/20 (2006.01)****G01C23/00 (2006.01)**

(30)優先權：2018/10/09

美國

16/154,738

(71)申請人：財團法人工業技術研究院(中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號

(72)發明人：蔣 泗得 CHONDRO, PETER (ID)；賴威豪 LAI, WEI-HAO (TW)；梁珮蓉 LIANG, PEI-JUNG (TW)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：22 項 圖式數：14 共 66 頁

(54)名稱

深度估計裝置、自動駕駛車輛及其深度估算方法

(57)摘要

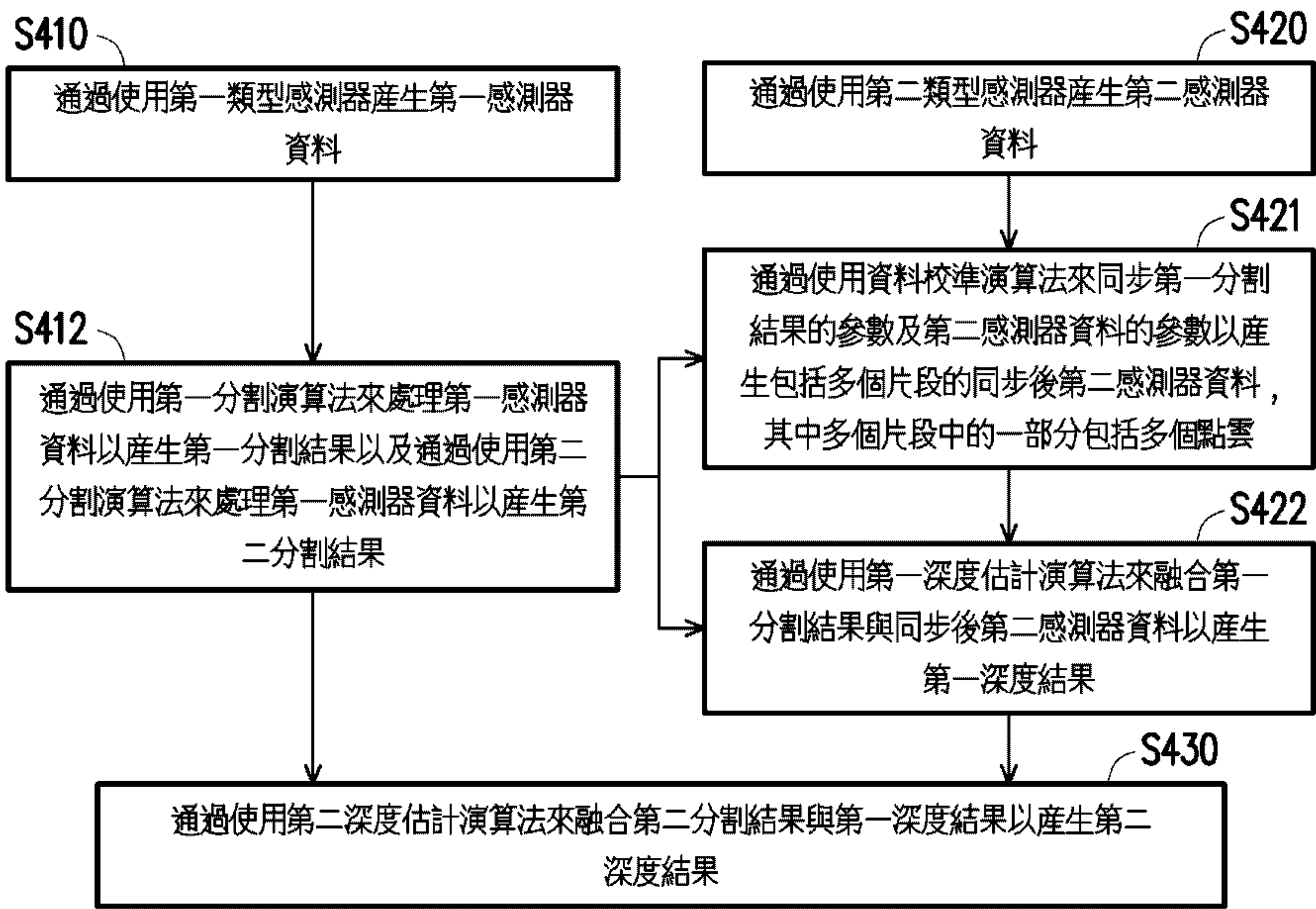
本揭露涉及一種深度估計裝置，包括：第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及處理器，耦合到第一類型感測器以及第二類型感測器，且至少配置成用以：通過使用兩階段的分割演算法處理第一感測器資料以產生第一分割結果和第二分割結果；同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以產生同步後第二感測器資料；通過使用兩階段的深度估計演算法來融合第一分割結果、同步後第二感測器資料以及第二分割結果，以產生第一深度結果以及第二深度結果。

The disclosure is directed to a depth estimation apparatus including a first type of sensor for generating a first sensor data; a second type of sensor for generating a second sensor data; and a processor coupled to the first type of sensor and the second type of sensor and configured at least for: processing the first sensor data by using two stage segmentation algorithms to generate a first segmentation result and a second segmentation result; synchronizing parameters of the first segmentation result and parameters of the second sensor data to generate a synchronized second sensor data; fusing the first segmentation result, the synchronized second sensor data, and the second segmentation result by using two stage depth estimation algorithms to generate a first depth result and a second depth result.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S410、S412、S420、
S421、S422、S430:步
驟



【圖4】



202014990

【發明摘要】

【中文發明名稱】深度估計裝置、自動駕駛車輛及其深度估算方法

【英文發明名稱】 DEPTH ESTIMATION APPARATUS,
AUTONOMOUS VEHICLE USING THE SAME, AND DEPTH
ESTIMATION METHOD THEREOF

【中文】本揭露涉及一種深度估計裝置，包括：第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及處理器，耦合到第一類型感測器以及第二類型感測器，且至少配置成用以：通過使用兩階段的分割演算法處理第一感測器資料以產生第一分割結果和第二分割結果；同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以產生同步後第二感測器資料；通過使用兩階段的深度估計演算法來融合第一分割結果、同步後第二感測器資料以及第二分割結果，以產生第一深度結果以及第二深度結果。

【英文】 The disclosure is directed to a depth estimation apparatus including a first type of sensor for generating a first sensor data; a second type of sensor for generating a second sensor data; and a processor coupled to the first type of sensor and the second type of sensor and configured at least for: processing the first sensor data by using two stage segmentation algorithms to generate a first

segmentation result and a second segmentation result; synchronizing parameters of the first segmentation result and parameters of the second sensor data to generate a synchronized second sensor data; fusing the first segmentation result, the synchronized second sensor data, and the second segmentation result by using two stage depth estimation algorithms to generate a first depth result and a second depth result.

【指定代表圖】圖4。

【代表圖之符號簡單說明】

S410、S412、S420、S421、S422、S430：步驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】深度估計裝置、自動駕駛車輛及其深度估算方法

【英文發明名稱】 DEPTH ESTIMATION APPARATUS,
AUTONOMOUS VEHICLE USING THE SAME, AND DEPTH
ESTIMATION METHOD THEREOF

【技術領域】

【0001】 本揭露涉及一種由自動駕駛車輛使用的深度估計裝置、
一種使用所述深度估計裝置的自動駕駛車輛及其深度估計方法。

【先前技術】

【0002】 在自動駕駛車輛的發展過程中，感測裝置是未來自動駕駛車輛的重要組成部分。可集成各種感測裝置，以在任何類型的環境中提供更可靠的感測資料和更精確的周圍資訊。當進行同步資料採集的過程時，儘管各種物體檢測技術能可靠且準確地檢測特定物體，但是在不同環境內的多樣化感測模態下感測器性能會不一致，可能會破壞大多數同時使用的現有次優集成(sub-optimally) 的檢測技術的性能。

【0003】 由於當前檢測性能會受限於硬體的限制，因此檢測技術將遇到各種困難。例如，由於資料採樣率(sampling rate) 低，物體在高速的情況下可能發生不可靠的檢測結果。由於是在最低維度坐標系統中操作，若對檢測結果使用統一的規範則可能導致將

不屬於物體的一部分的像素包括為所檢測到的物體。並且由於是在最低資料解析度下的操作，精細路徑規劃可能會因此而錯過所檢測到的物體。

【0004】 請參照圖 1，圖 1A 示出了可用於生成深度圖的各種感測器。這種感測器可以包括但不限於光檢測與測距（light detection and ranging，LiDAR，又稱「光達」），立體攝影機（stereo camera）和飛行時間（time of flight，ToF）攝影機。更詳細地，表 1 示出了可以產生自動駕駛車輛的周圍環境的深度資訊的各種感測裝置之間的特性的比較。表 1 中所示的數值僅出於示例性目的示出，因為具體的數值可以基於設計考量而變化。

約束條件	光達	立體攝影機	飛行時間攝影機
感測器類型	主動式	被動式	主動式+被動式
有效範圍	100 公尺	$\frac{f_{cam} \times l_{base}}{disparity}$	10 公尺
準確度	高	低	中等
解析度	稀疏	稠密	中等稠密
視野	360°	$\leq 360^\circ$	$\leq 360^\circ$
採樣率	中等	慢	中等

表 1

【0005】 根據表 1 以及先前的詳細闡述，用於深度感測的現有技術的感測器可以通過光達感測器來實現，相較於其他感測器（如立體攝影機或 ToF 攝影機），光達感測器具有 360 度視野、最遠的檢測範圍以及最高的深度準確度。然而，基於幾個因素，光達感測器

的資料解析度和採樣率會被限制。

【0006】 例如，用於獲取深度體積的光束的數量會被限制。圖 1B 示出了低解析度光達資料和高解析度光達資料之間的比較。低解析度光達資料例如是由具有較少數量激光束（例如，16 個光束）的光達所採用的投射點雲量，而高解析度光達資料則例如是由具有較多數量激光束（例如 64 個光束）的光達所採用的投射點雲量。在當前版本的各種光達傳感器（transducer）中，權衡關係很明顯，例如，更實惠的光達將具有較少數量的光束（即，圖 1B 中所繪示的 16 個光束的光達），並且較少數量的光束的光達會產生較少數量的點/秒，但是較少數量的光束的光達消耗的電力較少。通過這些權衡，存在一些可能的影響，這些影響包括，例如，當物體加速時所能獲取的相應的點雲較少（如圖 1B 所繪示），因而難以識別具有稀疏點雲的物體。

【0007】 在各種光達傳感器的當前版本中，權衡關係可能是顯而易見的，例如，較近的物體可能具有較多的點雲，而較小尺寸的物體可能具有較少的點雲。通過這些權衡，存在一些可能的影響，這些影響包括，例如，對於有意義的分析而言，較小尺寸物體的點雲數量是極低的，因而會困難於識別較小尺寸物體，並且當物體加速時可能會獲得的相應的點雲較少。

【0008】 基於上述權衡關係，通過從稀疏點雲到稠密點雲的轉換來提高檢測可靠性的深度高採樣率方法是必要的。可以通過深度高採樣率技術來實現一些目標。舉例來說，由於每個像素可以採用

深度值作為深度結果，且由於檢測結果可以更精細地分割而不是僅使用邊界框 (bounding box)，因而可以實現更精確的路徑規劃。此外，通過使用稠密深度圖-檢測演算法可以實現更好的檢測準確度，因物體的相對位置，大小或速度（即加速度）而可以更準確地檢測物體。整個系統可以是負擔得起的系統，因為深度高採樣率可以利用從低成本光達所獲得的稠密深度圖而並非利用從高端光達獲得的深度圖。

【發明內容】

【0009】 因此，本揭露涉及一種由自動駕駛車輛使用的深度估計裝置、一種使用所述深度估計裝置的自動駕駛車輛及其深度估計方法。

【0010】 在示範性實施例中的一個中，本揭露涉及一種深度估計裝置，所述深度估計裝置應包含（不限於）：第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及處理器，耦接至所述第一類型感測器以及所述第二類型感測器，且至少配置成用於：通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；通過使用第一深度估

計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【0011】 在示範性實施例中的一個中，本揭露涉及一種自動駕駛車輛，所述自動駕駛車輛包含（不限於）深度估計裝置，其包含：第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及處理器，耦接至所述第一類型感測器以及所述第二類型感測器，且至少配置成用於：通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；通過使用第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【0012】 在示範性實施例中的一個中，本揭露涉及一種由自動駕駛車輛使用的深度估計方法，所述方法應包含（不限於）：通過使用第一類型感測器來產生第一感測器資料；通過使用第二類型感測器來產生第二感測器資料；通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割

演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；通過使用第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【0013】 為讓本發明的上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【圖式簡單說明】

【0014】

圖 1A 示出了可用於產生深度圖的各種感測器。

圖 1B 示出了低解析度光達資料和高解析度光達資料之間的比較。

圖 2 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計裝置的硬體方塊圖。

圖 3 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的使用深度估計裝置的自動駕駛車輛。

圖 4 示出是根據本揭露的示範性實施例中的一個使用深度估計裝置的深度估計方法的步驟的流程圖。

圖 5 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計架構的詳細方塊圖。

圖 6A~圖 6F 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的一個實施實例。

圖 7 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計架構的詳細方塊圖。

圖 8A 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的影像校正演算法。

圖 8B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第一分割演算法。

圖 8C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第二分割演算法。

圖 9A~圖 9C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的資料校準演算法。

圖 10A~圖 10C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的遮擋修正演算法。

圖 11A~圖 11B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第一深度估計演算法。

圖 12A~圖 12B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第二深度估計演算法。

圖 13A~圖 13C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的另一實施實例。

圖 14A~圖 14E 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的另一實施實例。

【實施方式】

【0015】 現在將詳細參考本揭露的當前示範性實施例，附圖中示出了所述示範性實施例的實例。只要有可能，相同的參考標號在圖式和描述中用以指代相同或相似部分。

【0016】 本揭露提供自動駕駛車輛的架構，以估計自動駕駛車輛的特定視野（field of view，FOV）的深度圖，並且將從深度估計裝置，使用所述深度估計裝置的自動駕駛車輛以及深度估算方法的角度來說明所述架構。所述裝置可設置在自動駕駛車輛內，所述自動駕駛車輛可以在而無需人為干預的情況下自動操作，因此估計車輛的高分辨率深度圖（high-resolution depth map）以執行感測和控制功能將至關重要。所述裝置應包括（但不限於）具有重疊FOV的多個不同感測裝置集合，例如：成像裝置集合，具有用於從周圍擷取二維（two dimensional；2D）彩色（RGB）資料的一個或多個影像感測器；光達感測器集合，具有用於從周圍擷取三維（three dimensional；3D）點雲體積（point clouds volume）的一個或多個光達傳感器；以及處理單元，至少配置成為執行影像校正演算法，遮擋修正演算法，資料校準演算法，一組分割演算法，以及一組深度估計演算法，用以使每種類型的感測器產生高解析度深度圖。基於所提供的架構，可以增加深度圖的解析度，以便提升高

解析度深度圖的準確度。圖 2 到圖 5 以其它細節闡明所提供的深度估計架構。

【0017】 圖 2 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計裝置的硬體方塊圖。深度估計裝置 200 應包括（但不限於）第一類型感測器 210，第二類型感測器 220 和處理器 230。第一類型感測器 210 可以是成像感測器，例如將指定 FOV 內的可見光捕獲到 2D 影像中的彩色影像感測器。第二類型感測器 202 可以是成像感測器或測距感測器，例如從指定 FOV 內取樣反射訊號並相應地重構建 3D 體積的光達感測器。處理器 230 將至少配置為通過使用第一分割演算法來處理第一感測器資料以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理第一感測器資料以產生第二分割結果。

【0018】 處理器 230 將隨後被配置為通過使用資料校準演算法來同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中多個片段中的一部分可包括多個點雲。需要注意的是，在其他實施例中，可以是多個片段中的每一個片段均包括多個點雲，本領域具通常知識者可以依據實際情況及要求來自動調整。接著，處理器 230 將被配置為通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果和同步後第二感測器資料以產生第一深度結果。最後，處理器 230 將被配置為通過使用第二深度估計演算法來融合第二分割結果和第一深度結果以產生第二深度結果。以此方式，本發明通過兩階段的分割演算法、

資料校準演算法以及兩階段的深度估計演算法來提升深度圖的解析度。

【0019】 圖 3 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的使用深度估計裝置的自動駕駛車輛。自動駕駛車輛 300 應包括（但不限於）如圖 2 所示的深度估計裝置 200。

【0020】 圖 4 示出是根據本揭露的示範性實施例中的一個使用深度估計裝置的深度估計方法的步驟的流程圖。在步驟 S410 中，深度估計裝置將通過使用第一類型感測器產生第一感測器資料。在步驟 S420 中，深度估計裝置將通過使用第二類型感測器產生第二感測器資料。在步驟 S412 中，深度估計裝置將通過使用第一分割演算法來處理第一感測器資料以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理第一感測器資料以產生第二分割結果。

【0021】 詳細來說明，通過使用第一分割演算法（即步驟 S412）來處理第一感測器資料的步驟包括：基於第一感測器資料的顏色資訊，通過使用第一分割演算法來處理第一感測器資料。此外，通過使用第二分割演算法來處理第一感測器資料的步驟（即步驟 S412）包括：基於第一感測器資料的物體資訊，通過使用第二分割演算法來處理第一感測器資料。

【0022】 在步驟 S421 中，深度估計裝置將通過使用資料校準演算法來同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以生成包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中多個片段中一部分的片段可以包括多個點雲。需要注意的是，在其他實施例中，可以

是多個片段中的每一個片段均包括多個點雲，本領域技術人員可以依據實際情況及要求自動地進行調整。在步驟 S422 中，深度估計裝置將通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果和同步後第二感測器資料以產生第一深度結果。最後，深度估計裝置將在步驟 S430 中通過使用第二深度估計演算法來融合第二分割結果與第一深度結果，以產生第二深度結果。

【0023】 圖 5~圖 15B 用一些示範性實施例和實例闡明所提供的深度估計架構。圖 5 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計架構的詳細方塊圖。圖 6A~圖 6F 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的一個實施實例。請同步參照圖 5 及圖 6A~圖 6F，待描述的架構將包括深度估計裝置，其利用多種類型的感測裝置（例如是圖 6A 中所示的彩色攝影機視場和光達傳感器視場）以通過針對重疊 FOV（如圖 6B 所示）上的每種類型的感測裝置使用多個演算法來執行深度估計，其中彩色攝影機的 FOV 的距離是 100 米，並且光達感測器的 FOV 角度是 360 度。多種類型的感測裝置可包括第一類型感測器（例如是圖 5 中所示的彩色攝影機陣列 501）以及第二類型感測器（例如是圖 5 中所示的光達傳感器陣列 502）。

【0024】 具體而言，在彩色影像資料步驟 S510 中，彩色攝影機陣列 501 在自動駕駛車輛的視場內拍攝圖像並對應地產生第一感測器資料（例如是彩色影像資料）。在深度體積資料步驟 S520 中，光達傳感器陣列 502 還採用自動駕駛車輛周圍的點雲體積並相應

地產生第二感測器資料（例如是深度體積資料），其中深度體積資料是稀疏深度資料（如圖 6D 所繪示）。詳細來說明，稀疏/稠密等術語是指影像的解析度。處理器耦接至彩色攝影機陣列 501 和光達傳感器陣列 502，並且處理器至少配置成用於處理彩色影像資料以及深度體資料。進一步來說明，在影像校正步驟 S511 中，處理器將通過使用影像校正演算法來處理彩色影像資料，以去除彩色影像資料的空間失真，並且處理器將產生校正後第一感測器資料（例如，圖 6C 所繪示的校正後彩色影像資料）。

【0025】 在基於顏色的分割步驟 S512a 中，處理器將通過使用第一分割演算法以基於校正後彩色影像資料的顏色資訊來處理校正後彩色影像資料（如圖 6C 所繪示），以產生第一分割結果。在基於物體的分割步驟 S512b 中，處理器將通過使用第二分割演算法以基於校正後彩色影像資料的物體資訊來處理校正後彩色影像資料，以產生第二分割結果。換句話說，處理器將基於校正後彩色影像資料的顏色資訊來分割校正後彩色影像，以產生第一分割結果，並且第一分割結果中包括多個片段。此外，處理器將基於校正後彩色影像資料的物體資訊來對校正後彩色影像進行分割，以產生第二分割結果。

【0026】 需要注意的是，在其他實施例中，處理器也可以在彩色影像資料步驟 S510 中，直接以彩色攝影機陣列 501 所產生的第一感測器資料（即彩色影像資料）進行基於顏色的分割步驟 S512a 以及基於物體的分割步驟 S512b，亦即圖 5 的繪示僅用以作為示範

性實施例，並不用以限制本發明。

【0027】 在資料校準步驟 S521 中，處理器將通過使用資料校準演算法來同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以產生同步後第二感測器資料。另外，同步後第二感測器資料包括多個片段，其中多個片段中一部分的片段可以包括多個點雲，並且同步後第二感測器資料為稀疏深度資料（如圖 6E 所繪示）。需要注意的是，在其他實施例中，也可以是多個片段的每個片段均包括多個點雲，本領域具通常知識者可以依據實際情況及要求自動地調整。接著，處理器將通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果與同步後第二感測器資料，以在顏色導向的深度估計步驟 S522 中產生第一深度結果。

【0028】 換句話說，處理器將基於校正後彩色影像資料的顏色資訊將同步後第二感測器資料映射到第一分割結果，以產生第一深度結果。在物體導向的深度估計步驟 S530 中，處理器隨後通過使用第二深度估計演算法來融合第二分割結果與第一深度結果，以生成第二深度結果（例如是圖 6F 中所繪示的高解析度深度圖）。也就是說，處理器會基於校正後彩色影像資料的顏色資訊來融合第二分割結果與第一深度結果，以產生第二深度結果（即高解析度深度圖），其中高解析度深度圖為稠密深度資料。如此一來，本揭露便可藉由彩色攝影機陣列 501、光達傳感器陣列 502 以及處理器，以透過影像校正演算法，兩階段的分割演算法，資料校準演算法和兩階段的深度估計演算法來改善深度圖的分辨率。

【0029】 圖 7 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計架構的詳細方塊圖。在本實施例中，多種類型的感測裝置可包括第一類型感測器（例如是彩色攝影機陣列 701）和第二類型感測器（例如是光達傳感器陣列 702）。在彩色影像資料步驟 S710 中，彩色攝影機陣列 701 會拍攝自動駕駛車輛附近的影像並相應地產生第一感測器資料（例如是彩色影像資料）。在深度體積資料步驟 S720 中，光達傳感器陣列 702 在自動駕駛車輛附近拍攝影像並對應地產生第二感測器資料（例如是深度體積資料），其中深度體積資料為稀疏深度資料。處理器耦接至彩色攝影機陣列 701 以及光達傳感器陣列 702，並且處理器至少被配置為處理彩色影像資料及深度體積資料。

【0030】 在詳細描述中，圖 8A 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的影像校正演算法。請同步參照圖 7 及圖 8A，處理器將通過使用影像校正演算法（即，圖 7 及圖 8A 中所繪示的影像校正步驟 S711）來處理彩色影像資料，以去除彩色影像資料的空間失真，處理器將在校正後彩色影像資料步驟 S711a 中產生校正後第一感測器資料（例如是校正後彩色影像資料）。具體而言，處理器將去除由透鏡效應所引起的彩色影像資料（例如，圖 8A 中所示的 2D-30Hz 彩色影像（C'））的空間失真。舉例來說，在 2D-30Hz 彩色影像（C'）中的背板是彎曲的（即失真現象），而處理器將會移除 2D-30Hz 彩色影像（C'）的空間失真，並利用部分轉換矩陣 703 產生校正後第一感測器資料（例如，圖 8A 中所繪示的 2D-30Hz 彩色

影像 (C))，其中 2D-30Hz 彩色影像 (C) 中的背板已變成平面的。

【0031】 接著，圖 8B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第一分割演算法。圖 8C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第二分割演算法。請同步參照圖 7、圖 8B 及圖 8C，處理器將基於校正後彩色影像資料的顏色資訊，通過使用第一分割演算法（即，圖 7 和圖 8B 所繪示的基於顏色的分割步驟 S712a）處理校正後彩色影像資料，以產生第一分割結果。具體來說，處理器將分析校正後彩色影像資料（例如，圖 8B 中所繪示的 2D-30Hz 彩色影像 (C)）並基於 2D-30Hz 彩色影像 (C) 的顏色資訊來辨識 2D-30Hz 彩色影像 (C) 中相類似的平面，其中顏色資訊包括色調（即顏色），飽和度（即顏色強度）和色值（即亮度）。

【0032】 處理器接著將基於顏色資訊以將 2D-30Hz 彩色影像 (C) 中的所有像素分類為區域方面的片段。處理器將分割 2D-30Hz 彩色影像 (C) 以產生包括多個片段的第一分割結果（即，圖 8B 中所繪示的基於顏色的分割圖 (S_c)）。亦即 2D-30Hz 彩色影像 (C) 中的所有像素會基於顏色資訊而被分割為不同區域。第一分割結果（即，基於顏色的分割圖 (S_c)）被表示為多個片段 SEG。而每個片段 SEG 依賴來自 2D-30Hz 彩色影像 (C) 中具有類似分類限定的彩色像素集。附帶一提的，第一分割演算法可例如是簡單的線性迭代分群（simple linear iterative clustering，SLIC）技術。

【0033】 與此同時，處理器將基於校正後彩色影像資料的物體資訊，通過使用第二分割演算法（即圖 7 和圖 8C 所繪示的基於物體

的分割步驟 S712b) 來處理校正後彩色影像資料，以產生第二分割結果（例如，圖 8C 中所繪示的基於物體的分割圖（S_o））。具體來說，處理器將基於物體資訊，以將修正後彩色影像中的所有像素（例如，圖 8C 中所示的 2D-30Hz 彩色影像（C））分類為區域方面的片段。物體導向圖可幫助識別在先前分割方案中最初未定義的整個上下區域，並且物體導向圖可提高圖 2 中所繪示的顏色導向的深度估計步驟 S722 的準確度。

【0034】 接著，處理器將基於 2D-30Hz 彩色影像（C）的物體資訊來分割 2D-30Hz 彩色影像（C），以產生第二分割結果（即，圖 8C 中所繪示的基於物體的分割圖（S_o））。詳細來說明，2D-30Hz 彩色影像（C）中的所有像素會基於物體資訊在不同區域上被分割，其中物體資訊包括車輛，交通錐，機車，行人，天空，道路和其他常見物體類型。第二分割結果（即，基於物體的分割圖（S_o））被表示為多個物體片段。每個物體片段依賴來自 2D-30Hz 彩色影像（C）的用以表示類似的物體的彩色像素組。第二段演算法則例如是全卷積網絡（fully convolutional network，FCN）技術。

【0035】 需要說明的是，在其他實施例中，處理器也可以在彩色影像資料步驟 S710 中，直接對彩色攝影機陣列 701 產生的第一感測器資料（即彩色影像資料）執行基於顏色的分割步驟 S712a 以及基於物體的分割步驟 S712b，在此並不加以限制，圖 7 的繪示僅用以作為示範性實施例，並不用以限制本發明。

【0036】 圖 9A~圖 9C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個

的資料校準演算法。請同步參照圖 7 及圖 9A~圖 9C，處理器將通過使用資料校準演算法來同步第一分割結果的參數及第二感測器資料的參數，以產生同步後第二感測器資料，其中資料校準演算法包括空間校準步驟 S721a（如圖 7 和圖 9A 所繪示）和時間校準步驟 S721b（如圖 7 和圖 9B~圖 9C 所繪示）。詳細來說明，資料校準演算法包括：通過使用轉換矩陣 703 來校準第二感測器資料的空間參數以產生校準後第二感測器資料，並且通過使用時間校準演算法來校準第一分割結果的時間參數和校準後第二感測器資料的時間參數。

【0037】 具體來說明，處理器將通過使用轉換矩陣 703（如圖 7 及圖 9 所繪示）來校準第二感測器資料（例如，圖 9A 中所繪示的 3D-20Hz 稀疏點雲（L））的空間參數。換句話說，處理器將第二感測器資料從 3D 資料轉換為具有轉換矩陣 703 的 2D 資料，並通過針孔成像原理來產生校準後第二感測器資料（即圖 9A 中所繪示的 2D-20Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ））。詳細來說明，基於深度的預處理將需要具有 360 度的 FOV 和採樣率為頻率 fL（例如是 20Hz）的一個或多個主動式 3D 深度感測器（即，光達傳感器陣列 702）。為了使基於深度的感測器（即，光達傳感器陣列 702）和基於色彩的感測器（即，彩色攝影機陣列 701）之間的資料同步，則應該使稀疏 3D 點雲體積資料的空間資訊或坐標系統（例如是（ $L^T = [L_x, L_y, L_z]$ ））與來自基於色彩的感測器的稠密 2D 彩色影像（例如是（ $C^T = [C_i, C_j]$ ））同步。

【0038】 第二感測器資料（例如是圖 9A 中所繪示的 3D-20Hz 稀

疏點雲（L）的映射僅在位於 2D-30Hz 彩色影像（C）的 FOV 中的點雲上執行。並且資料校準演算法會使用轉換矩陣 703 的旋轉矩陣作為：

$$\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_0 & R_1 & R_2 \\ R_3 & R_4 & R_5 \\ R_6 & R_7 & R_8 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix}. \tag{1}$$

【0039】 此外，基於平移矩陣以進一步替換獲取的點：

$$\begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_0 \\ t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}. \tag{2}$$

【0040】 之後，根據可用的攝影機內部參數來轉換獲取的點，其中內部參數可使用影像校正來獲取：

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0 & P_1 & P_2 \\ P_3 & P_4 & P_5 \\ P_6 & P_7 & P_8 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}. \tag{3}$$

【0041】 最後，處理獲取的點以取得原始點雲資料的所需二維呈現：

$$\bar{L}_i = \frac{X'}{Z'} \quad \text{and} \quad \bar{L}_j = \frac{Y'}{Z'}. \tag{4}$$

【0042】 此外，處理器將通過使用時間校準演算法來校準第一分割結果的時間參數(即，圖 8B 中所繪示的基於顏色的分割圖(S_c))與校準後第二感測器資料的時間參數（即，圖 9A 中所繪示的 2D-20Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ）），以產生同步後第二感測器資料。時間校準演算法包括：使第一分割結果的採樣率與校準後第二感測器資料的採樣率同步。詳細來說明，光達傳感器陣列 702 的採樣率會小於

彩色攝影機陣列 701 的採樣率。

【0043】 通常，光達傳感器陣列 702 會具有頻率 f_L (例如是 20Hz) 的採樣率，而彩色攝影機陣列 701 的採樣率則可達到頻率 f_C (例如是 30Hz)。此條件表示需要透過同步技術來將光達傳感器陣列 702 的資料從 20Hz 上採樣到 30Hz。因此，處理器將會同步第一分割結果的採樣率和校準後第二感測器資料的採樣率。

【0044】 圖 9B 中繪示時間校準演算法的插值技術。依據圖 9B 的繪示，光達傳感器陣列 702 每 50 毫秒 (ms) 可拍攝一個點雲體積，因此光達傳感器陣列 702 可以分別在時間 0ms、50ms、100ms、150ms、200ms、250ms 和 300ms 處 (如圖 9B 所繪示) 拍攝點雲體積。而彩色攝影機陣列 701 則可以每 33ms 拍攝一張影像，因此彩色攝影機陣列 701 可以在時間 0ms、33ms、67ms、100ms、133ms、167ms、200ms、233ms、267ms 和 300ms 處 (如圖 9B 所示) 拍攝影像。處理器可以直接同步在相同時間 (即，0ms、100ms、200ms、300ms) 所拍攝的影像。

【0045】 接著，處理器將對光達傳感器陣列 702 的前兩個資料執行插值技術。換句話說，處理器將處理光達傳感器陣列 702 在不同的時間點所拍攝的的資料。處理器將使用光達傳感器陣列 702 在時間 0ms 和 50ms 所拍攝的影像，以產生光達傳感器陣列 702 在時間 67ms 的影像。處理器然後將使用光達傳感器陣列 702 在時間 67ms 和 100ms 所拍攝的影像，以產生光達傳感器陣列 702 在時間 133ms 的影像，並依此類推，以產生在時間 167ms 的影像，在時

間 233ms 的影像，在時間 267 ms 的影像。在這之後，處理器將根據自動駕駛車輛的時間差和自動駕駛車輛的動量開始對基於顏色的分割圖（ S_c ）和 3D-20Hz 稀疏點雲（ L ）進行同步。

【0046】 如圖 9C 所繪示，處理器將考慮自動駕駛車輛和周圍物體的運動可能性來執行插值技術。詳細來說明，在時間校準演算法的插值技術中，處理器將識別在具有新獲取的點雲體積($\bar{L}(s_c,t)$)的每個畫面（例如，畫面 $t-1$ ，畫面 t ）中，校準後第二感測器資料（即，如圖 9A 所繪示的 2D-20Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ））中的每個片段（例如，片段 SEG）中點雲的設置（例如，點 $Pt1\sim Pt2$ ），其中 t 表示影像資料的時間索引，並且只有一部分的片段會包括多個點雲。換句話說，每個片段 SEG 是表示為具有多個點雲的片段的其中之一。需要注意的是，在其他實施例中，也可以是多個片段中的每一個片段均包括多個點雲，本領域技術人員可以根據實際情況和要求自動地調整。處理器將濾除與片段 SEG 中的點不相同的點（例如點 P_{out} ），因為點 P_{out} 和片段 SEG 是位於不同的物體上。處理器然後通過找到成對點雲之間的最小歐基里德距離（Euclidean Distance），將 $\bar{L}(s_c,t)$ 中的每個點雲（例如，點 $Pt3$ ， $Pt4$ ）與 $\bar{L}(s_c,t-1)$ 中的每個點雲（例如點 $Pt1$ ， $Pt2$ ）配對為：

$$\min_{s \in \bar{L}(s_c,t-1)} \sqrt{(\bar{L}_l(s,t) - \bar{L}_l(s,t-1))^2 + (\bar{L}_j(s,t) - \bar{L}_j(s,t-1))^2 + (\bar{L}_d(s,t) - \bar{L}_d(s,t-1))^2 + (\bar{L}_r(s,t) - \bar{L}_r(s,t-1))^2}, \quad (5)$$

【0047】 其中， $\bar{L}_d()$ 和 $\bar{L}_r()$ 表示每個片段 SEG 中每個點雲值的深度和反射比值。

【0048】 在第一個分割結果（即基於顏色的分割圖（ S_c ））的片段

SEG 中的每一對點雲中，於 t-1 時間的新點雲體積(即點 Pt5，Pt6)
被預測為：

$$\overline{L}_x(s_C, t + 1) = \overline{L}_x(s_C, t) + \left(w_{time} \times (\overline{L}_x(s_C,) - \overline{L}_x(s_C, t - 1)) \right), \tag{6}$$

$$\overline{L}_y(s_C, t + 1) = \overline{L}_y(s_C, t) + \left(w_{time} \times (\overline{L}_y(s_C,) - \overline{L}_y(s_C, t - 1)) \right), \tag{7}$$

$$\overline{L}_z(s_C, t + 1) = \overline{L}_z(s_C, t) + \left(w_{time} \times (\overline{L}_z(s_C,) - \overline{L}_z(s_C, t - 1)) \right), \tag{8}$$

其中

$$w_{time} = \frac{T_{camera}(t) - T_{LiDAR}(t)}{T_{LiDAR}(t) - T_{LiDAR}(t - 1)}. \tag{9}$$

【0049】 T_{camera}()與T_{LiDAR}()則表示基於色彩的感測器（即，彩色攝影機陣列 701）和基於深度的感測器（即，光達傳感器陣列 702）的確切時戳。

【0050】 據此，從同步後第二感測器資料的體積資料重新映射最初獲取或人工產生的所有點雲，採樣率應該已經從頻率 f_L（即 20Hz）被同步至頻率 f_C（即 30Hz）。

【0051】 圖 10A~圖 10C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的遮擋修正演算法。請同步參照圖 7 和圖 10A~圖 10C，其中在通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果和同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果（即，顏色導向的深度估計步驟 S722）的步驟之前，處理器更用以：通過使用遮擋修正演算法（即遮擋修正步驟 S740）來處理同步後第二感測器資料，其中遮擋修正演算法包括：掃描所有片段；識別多個片段中的每個片段的多個點雲的設置，以在多個片段中的各部分片段中找到被遮擋點以及

多個非被遮擋點；以多個片段中的各部分片段中的多個非被遮擋點的平均深度值，替換被遮擋點的深度值。

【0052】 詳細地說，圖 10A 示出本揭露的示範性實施例中的一個的彩色攝影機陣列 701 和光達傳感器陣列 702 的設置位置。在本實施例中，第一類型感測器具有比第二類型感測器低的設置位置，例如，彩色攝影機陣列 701 的設置位置是被設置在車輛 V100 的引擎蓋上，而光達傳感器陣列 702 的設置位置則是被設置在車輛 V100 的車頂上。據此，光達傳感器陣列 702 的 FOV 可以大於彩色攝影機陣列 701 的 FOV，因此，光達傳感器陣列 702 可以拍攝到被另一物體（例如物體 OB2）所遮擋的物體（例如物體 OB1）的點雲體積，其中物體 OB2 比物體 OB1 更靠近車輛 V100。換句話說，由於物體 OB2 的遮擋，彩色攝影機陣列 701 無法拍攝到物體 OB1 的影像。遮擋修正將會修正物體 OB2 的深度之外的點雲，如圖 10A 所繪示。

【0053】 因此，處理器將被配置為通過使用遮擋修正演算法來處理同步後第二感測器資料。關於遮擋修正演算法的細節，處理器將以第一分割結果（即，圖 10B 中所繪示的基於顏色的分割圖（ S_c ））來處理同步後第二感測器資料（即，如圖 10B 所繪示的 2D-30Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ）），以產生 2D-30Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ）（如圖 10B 所繪示）。

【0054】 詳細來說明，處理器將通過掃描視窗 SW1（如圖 10C 所繪示）來掃描 2D-30Hz 稀疏點雲（ $\bar{L}$ ）中的所有片段。舉例來說，

片段 SEG 是 2D-30Hz 稀疏點雲 ($\bar{L}$) 中多個片段的其中之一。處理器便會識別多個片段中的每個片段的多個點雲的設置，以找到被遮擋點（例如，片段 SEG 中的被遮擋點 P100）以及多個非被遮擋點（例如，片段 SEG 中的其他點）。接著，處理器將以掃描視窗 SW1 中的多個片段的各部分片段中的多個非被遮擋點的平均深度值，來替換被遮擋點 P100 的深度值。如此一來，被遮擋點 P100 可以被修正為非被遮擋點，並且處理器將在修正後深度體積資料步驟 S740a 中產生同步後第二感測器資料（即，修正後同步後第二感測器資料），其中修正後同步後第二感測器資料是稀疏深度資料。

【0055】 在使第二感測器資料的空間參數及時間參數，與第一分割結果的空間參數及時間參數同步之後，執行深度估計演算法。在此以兩階段的演算法來執行深度估計演算法，第一深度估計演算法（即，顏色導向的深度估計）和第二深度估計演算法（即，物體導向的深度估計）。圖 11A~圖 11B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第一深度估計演算法。請同步參照圖 7 和圖 11A~圖 11B，在顏色導向的深度估計步驟 S722 中，處理器將通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果和同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果（如圖 7 和圖 11A~圖 11B 所繪示）。

【0056】 詳細來說明，第一深度估計演算法包括：計算所述多個片段的各所述部分片段中的所述多個點雲的平均深度值，並以所述多個片段中各所述部分片段對應的所述平均深度值填充所述多個片段中各所述部分片段的深度值。更具體來說，處理器將計算同步

後第二感測器資料(例如圖 10B 中所繪示的 2D-30Hz 稀疏點雲($\bar{L}$)中具有多個點雲的各部分片段(例如,片段 SEG)中的多個點雲(即,圖 11A 中所繪示的片段 SEG 中的點雲)的平均深度值。

【0057】 處理器然後將以所述多個片段中各所述部分片段對應的所述平均深度值填充所述多個片段中各所述部分片段(即,圖 11A 中所繪示的片段 SEG)的深度值,以產生第一深度結果(即,圖 11B 中所繪示的高解析度深度圖(D))。如此一來,處理器可以通過使用第一深度估計演算法來融合第一分割結果(即,圖 11B 中所繪示的基於顏色的分割圖(S_c))和同步後第二感測器資料(即,圖 11B 所繪示的 2D-30Hz 稀疏點雲($\bar{L}$)),以產生第一深度結果(即,圖 11B 中所繪示的高解析度深度圖(D))。

【0058】 圖 12A~圖 12B 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的第二深度估計演算法。請同步參照圖 7 及圖 12A~圖 12B,在物體導向的深度估計步驟 S730(如圖 7 及圖 12A~圖 12B 所繪示)中,處理器將通過使用第二深度估計演算法來融合第二分割結果與第一深度結果,以產生第二深度結果。詳細來說明,第二深度估計演算法包括識別多個片段的設置以找到未定義深度值區域;掃描多個片段,以找到與未定義深度值區域相近的多個片段的最小深度值;並且以最小深度值來填充未定義區域的深度值。

【0059】 具體來說明,處理器將通過掃描視窗 SW2 來識別多個片段的設置,以找到未定義深度值區域(例如,圖 12A 中所繪示的影像中的物體 OBS 的片段),其中物體 OBS 包括多個片段 SEG。

然後處理器將掃描多個片段（即，圖 12A 中所繪示的影像中與未定義深度區域 UNR 相近的片段）以找到未定義深度區域 UNR 相近的多個片段的最小深度值。處理器將以最小深度值（如圖 12A 所繪示）來填充未定義深度值區域 UNR 的深度值，以產生第二深度結果（例如，圖 12B 中所繪示的高解析度深度圖（D'））。

【0060】 如此一來，處理器可以通過使用第二深度估計演算法來融合第二分割結果（即，圖 12B 中所繪示的基於物體的分割圖（S₀））與第一深度結果（即，圖 12B 中所繪示的高解析度深度圖（D）），以產生第二深度結果（即，圖 12B 中所繪示的高解析度深度圖（D'）），其中第二深度結果為稠密深度資料。據此，本公開藉由彩色攝影機陣列 701，光達傳感器陣列 702 和處理器，以通過影像校正演算法，兩階段的分割演算法，資料校準演算法和兩階度的深度估計演算法來改善深度圖的解析度。

【0061】 圖 13A~圖 13C 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的另一實施實例。自動駕駛車輛 V1310 包括深度估計裝置 1300。深度估計裝置 1300 包括前右光達 1302a，前左光達 1302b，前攝影機 1301 以及處理單元 1303。前右光達 1302a、前左光達 1302b 以及前攝影機 1301 耦接至處理單元 1303，其中處理單元 1303 例如是具有 Intel Core i7 @ 2.4GHz 4GB 隨機存取記憶體（random access memory，RAM）和 NVidia GeForce 940M 2GB 視訊記憶體（video RAM，VRAM），並且在 Ubuntu 16.04 LTS 上運行的個人計算機。

【0062】 請同步參照圖 13A~圖 13C，深度估計裝置 1300 可以準確地估計同步後第二感測器資料（即，圖 13B 中所繪示的具有彩色影像的 2D-20Hz 稀疏光達）的稠密深度值，並可估計第二深度結果的稠密深度值（即，圖 13C 中所繪示的 2D-30Hz 高解析度深度圖）。此外，上述實施例所實現的平均複雜度可達到每秒 26.232 畫面（frame per second，FPS）（或每畫面 38.122ms）。通過對顏色導向和物體導向的估計（例如是邊界框區域）來應用有限的計算區域，可以簡單地減少深度估計裝置 1300 的複雜度。換句話說，處理單元 1303 將被配置至少用以執行影像校正演算法以產生校正後第一感測器資料，執行兩階段的分割演算法以產生第一分割結果和第二分割結果，執行資料校準演算法以產生同步後第二感測器資料，並執行兩階段的深度估計演算法以產生第一深度結果（即，圖 13B 中所繪示的具有彩色影像的 2D-20Hz 稀疏光達）和第二深度結果（即，圖 13C 中所繪示的 2D-30Hz 高解析度深度圖）。

【0063】 需要注意的是，深度估計裝置 1300 與圖 2、圖 5 或圖 7 實施例中所繪示的深度估計裝置相同或相類似，在此不重複贅述。

【0064】 圖 14A~圖 14E 示出根據本揭露的示範性實施例中的一個的深度估計方法的另一實施實例。自動駕駛車輛 V1410 包括深度估計裝置 1400。深度估計裝置 1400 包括第一類型感測器（例如，立體攝影機 1401）、第二類型感測器（例如，威力登雷射掃描器 1402）、全球定位系統（Global Positioning System，GPS）1404 和處理器 1403。威力登雷射掃描器 1402、立體攝像機 1401 以及 GPS

1404 耦接至處理器 1403，其中處理器 1403 例如是具有 Intel Core i7 @ 2.4GHz 4GB 隨機存取記憶體和 NVidia GeForce 940M 2GB 視訊記憶體，並且在 Ubuntu 16.04 LTS 上運行的個人計算機。

【0065】 由立體攝像機 1401 所拍攝的影像如圖 14B 所繪示。由威力登雷射掃描器 1402 所拍攝的影像如圖 14C 所繪示。詳細來說，處理器 1403 將被配置為至少用以執行影像校正演算法以產生校正後第一感測器資料，執行兩階段的分割演算法以產生第一分割結果和第二分割結果，執行資料校準演算法以產生同步後第二感測器資料，並執行兩階段的深度估計演算法以產生第一深度結果（如圖 14D 所繪示）和第二深度結果，其中第二深度結果為稠密高解析度深度圖（如圖 14E 所示）。

【0066】 需要注意的是，深度估計裝置 1400 與圖 2、圖 5 或圖 7 實施例中所繪示的深度估計裝置相同或相類似，在此不重複贅述。

【0067】 綜上所述，本揭露提供適合用於自動駕駛車輛的深度估計裝置。具體地說，本揭露的目的可包含：通過使用所提供的兩階段的分割的來改善來自各感測器的深度圖的解析度，通過考慮影像的特性來設計所提供的兩階段的分割，並且提供基於顏色資訊和物體資訊的兩階段的深度估計。通過這種方式，可以提高深度估計的準確性。

【0068】 本申請所揭露的實施例的詳細描述中使用的元件、動作或指令不應解釋為對本揭露來說絕對關鍵或必要的，除非明確地如此描述。而且，如本文中所使用，不定冠詞“一（a/an）”可以包

含一個以上專案。如果意圖表示只有一個專案，那麼能夠使用術語“單個”或類似語言。此外，如本文中所使用，在多個項目和/或多個項目種類的列表之前的術語“中的任一個”意圖包含所述項目和/或項目種類個別地或結合其它項目和/或其它項目種類“中的任一個”、“中的任何組合”、“中的任何多個”和/或“中的多個的任何組合”。此外，如本文中所使用，術語“集合”意圖包含任何數目個專案，包含零個。此外，如本文中所使用，術語“數目”意圖包含任何數目，包含零。

【0069】 本領域的技術人員將顯而易見，在不脫離本揭露的範圍或精神的情況下，可對所揭露的實施例的結構作出各種修改和變化。鑒於前述內容，意圖本揭露涵蓋屬於隨附權利要求書和其等效物的範圍內的本揭露的修改及變化。

【0070】 雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與潤飾，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0071】

200、1300、1400：深度估計裝置

210：第一類型感測器

220：第二類型感測器

- 230：處理器
- 300、V1310、V1410：自動駕駛車輛
- S410、S412、S420、S421、S422、S430：步驟
- 501、701：彩色攝影機陣列
- 502、702：光達傳感器陣列
- S510、S710：彩色影像資料步驟
- S511、S711：影像校正步驟
- S512a、S712a：基於顏色的分割步驟
- S512b、S712b：基於物體的分割步驟
- S520、S720：深度體積資料步驟
- S521：資料校準步驟
- S522、S722：顏色導向的深度估計步驟
- S530、S730：物體導向的深度估計步驟
- 703：轉換矩陣
- S711a：校正後彩色影像資料步驟
- S721a：空間校準步驟
- S721b：時間校準步驟
- S740：遮擋修正步驟
- S740a：修正後深度體積資料步驟
- SEG：片段
- Pt1~Pt6、Pout：點
- t、t-1、t+1：時間

OB1、OB2、OBS：物體

V100：車輛

SW1、SW2：掃描視窗

P100：被遮擋點

UNR：未定義深度值區域

1301：前攝影機

1302a：前右光達

1302b：前左光達

1303：處理單元

1401：立體攝影機

1402：威力登雷射掃描器

1403：處理器

1404：全球定位系統

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種深度估計裝置，包括：

第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；

第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及

處理器，耦接至所述第一類型感測器以及所述第二類型感測器，且至少配置成用於：

通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；

通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；

通過使用第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及

通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述處理器至少配置成用於通過使用所述第一分割演算法來處理所述第一感測器資料包括：

基於所述第一感測器資料的顏色資訊，通過使用所述第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，

其中，所述處理器至少配置成用於通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料包括：

基於所述第一感測器資料的物體資訊，通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中在通過使用所述第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生所述第一深度結果的步驟之前，所述處理器進一步配置成用於：

通過使用遮擋修正演算法來處理所述同步後第二感測器資料，

其中所述遮擋修正演算法包括：

掃描所有片段；

識別各所述多個片段中的所述多個點雲的設置，以在所述多個片段中的各所述部分片段中找到被遮擋點以及多個非被遮擋點；以及

以所述多個片段中的各所述部分片段中的所述多個非被遮擋點的平均深度值，替換所述被遮擋點的深度值。

【第4項】如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述第一深度估計演算法包括：

計算所述多個片段的各所述部分片段中的所述多個點雲的平均深度值；以及

以所述多個片段中各所述部分片段對應的所述平均深度值填充所述多個片段中各所述部分片段的深度值。

【第5項】如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述第二深度估計演算法包括：

識別所述多個片段，以找到未定義深度值區域；

掃描所述多個片段，以找到與所述未定義深度值區域相近的多個片段的最小深度值；以及

以所述最小深度值填充所述未定義區域的深度值。

【第6項】如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述資料校準演算法包括：

通過使用轉換矩陣來校準所述第二感測器資料的空間參數，以產生校準後第二感測器資料；以及

通過使用時間校準演算法來校準所述第一分割結果的時間參數以及所述校準後第二感測器資料的時間參數，以產生同步後第二感測器資料。

【第7項】如申請專利範圍第6項所述的深度估計裝置，其中所述時間校準演算法包括：

同步所述第一分割結果的採樣率以及所述校準後第二感測器資料的採樣率。

【第8項】如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述第一類型感測器的設置位置低於所述第二類型感測器的設置位置。

【第9項】 如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中所述第一類型感測器包括攝影機，並且所述第二類型感測器包括光達感測器。

【第10項】 如申請專利範圍第1項所述的深度估計裝置，其中在通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果的步驟之前，所述處理器進一步配置成用於：

通過使用影像校正演算法來處理所述第一感測器資料，以去除所述第一感測器資料的空間失真。

【第11項】 一種自動駕駛車輛，包括：

深度估計裝置，包括：

第一類型感測器，用於產生第一感測器資料；

第二類型感測器，用於產生第二感測器資料；以及

處理器，耦接至所述第一類型感測器以及所述第二類型感測器，且至少配置成用於：

通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；

通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；

通過使用第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及

通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【第12項】 如申請專利範圍第11項所述的自動駕駛車輛，其中所述處理器至少配置成用於通過使用所述第一分段演算法來處理所述第一感測器資料包括：

基於所述第一感測器資料的顏色資訊，通過使用所述第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，

其中，所述處理器至少配置成用於通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料包括：

基於所述第一感測器資料的物體資訊，通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料。

【第13項】 如申請專利範圍第11項所述的自動駕駛車輛，其中在通過使用所述第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生所述第一深度結果的步驟之前，所述處理器進一步配置成用於：

通過使用遮擋修正演算法來處理所述同步後第二感測器資料，

其中所述遮擋修正演算法包括：

掃描所有片段；

識別各所述多個片段中的所述多個點雲的設置，以在所述多個片段中的各所述部分片段中找到被遮擋點以及多個非被遮擋點；以及

以所述多個片段中的各所述部分片段中的所述多個非被遮擋點的平均深度值，替換所述被遮擋點的深度值。

【第14項】一種由自動駕駛車輛使用的深度估計方法，所述方法包括：

通過使用第一類型感測器來產生第一感測器資料；

通過使用第二類型感測器來產生第二感測器資料；

通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果；

通過使用資料校準演算法來同步所述第一分割結果的參數及所述第二感測器資料的參數，以產生包括多個片段的同步後第二感測器資料，其中所述多個片段中的部分片段包括多個點雲；

通過使用第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生第一深度結果；以及

通過使用第二深度估計演算法來融合所述第二分割結果與所述第一深度結果，以產生第二深度結果。

【第15項】如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中通過使用所述第一分割演算法來處理所述第一感測器資料的步驟包括：

基於所述第一感測器資料的顏色資訊，通過使用所述第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，

其中，所述處理器至少配置成用於通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料包括：

基於所述第一感測器資料的物體資訊，通過使用所述第二分割演算法來處理所述第一感測器資料。

【第16項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中在通過使用所述第一深度估計演算法來融合所述第一分割結果以及所述同步後第二感測器資料，以產生所述第一深度結果的步驟之前，所述深度估計方法更包括：

通過使用遮擋修正演算法來處理所述同步後第二感測器資料，

其中所述遮擋修正演算法包括：

掃描所有片段；

識別各所述多個片段中的所述多個點雲的設置，以在所述多個片段中的各所述部分片段中找到被遮擋點以及多個非被遮擋點；以及

以所述多個片段中的各所述部分片段中的所述多個非被遮擋點的平均深度值，替換所述被遮擋點的深度值。

【第17項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中所述第一深度估計演算法包括：

計算所述多個片段的各所述部分片段中的所述多個點雲的平均深度值；以及

以所述多個片段中各所述部分片段對應的所述平均深度值填充所述多個片段中各所述部分片段的深度值。

【第18項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中所述第二深度估計演算法包括：

識別所述多個片段，以找到未定義深度值區域；

掃描所述多個片段，以找到與所述未定義深度值區域相近的多個片段的最小深度值；以及

以所述最小深度值填充所述未定義區域的深度值。

【第19項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中所述資料校準演算法包括：

通過使用轉換矩陣來校準所述第二感測器資料的空間參數，以產生校準後第二感測器資料；以及

通過使用時間校準演算法來校準所述第一分割結果的時間參數以及所述校準後第二感測器資料的時間參數，以產生同步後第二感測器資料。

【第20項】 如申請專利範圍第19項所述的深度估計方法，其中所述時間校準演算法包括：

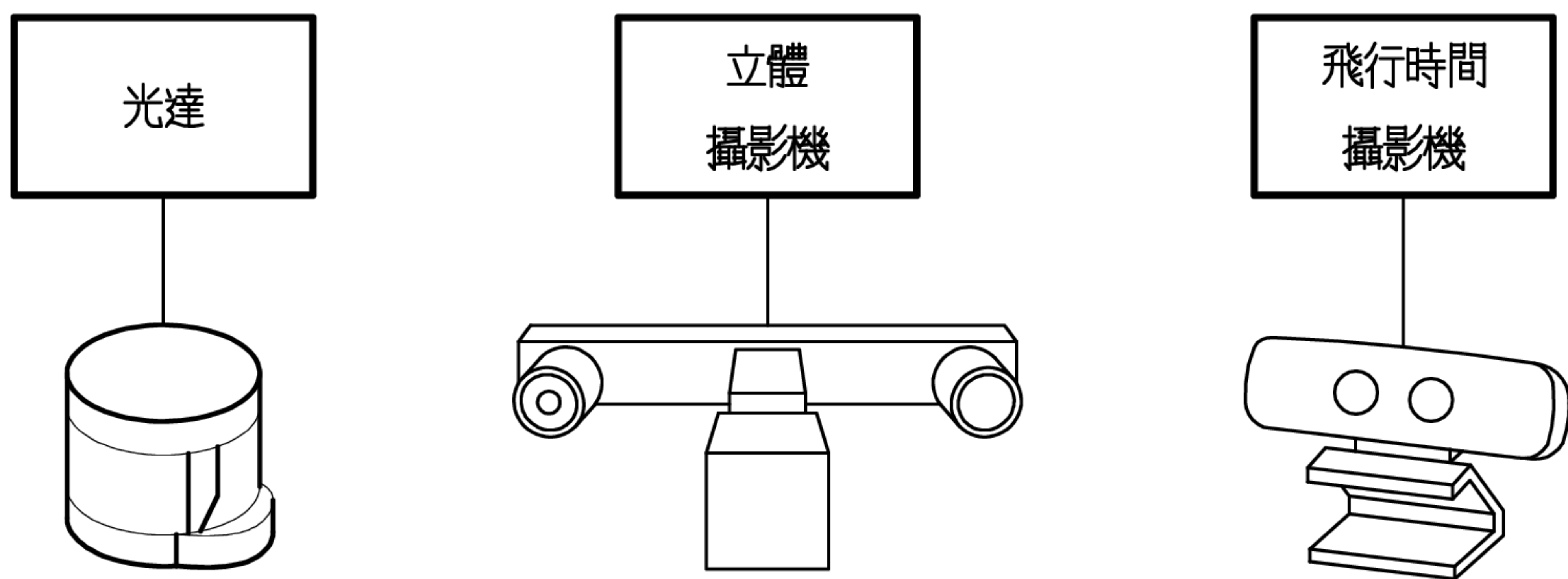
同步所述第一分割結果的採樣率以及所述校準後第二感測器資料的採樣率。

【第21項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中其中所述第一類型感測器的設置位置低於所述第二類型感測器的設置位置。

【第22項】 如申請專利範圍第14項所述的深度估計方法，其中在通過使用第一分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第一分割結果，以及通過使用第二分割演算法來處理所述第一感測器資料，以產生第二分割結果的步驟之前，所述深度估計方法更包括：

通過使用影像校正演算法來處理所述第一感測器資料，以去除所述第一感測器資料的空間失真。

【發明圖式】



【圖1A】

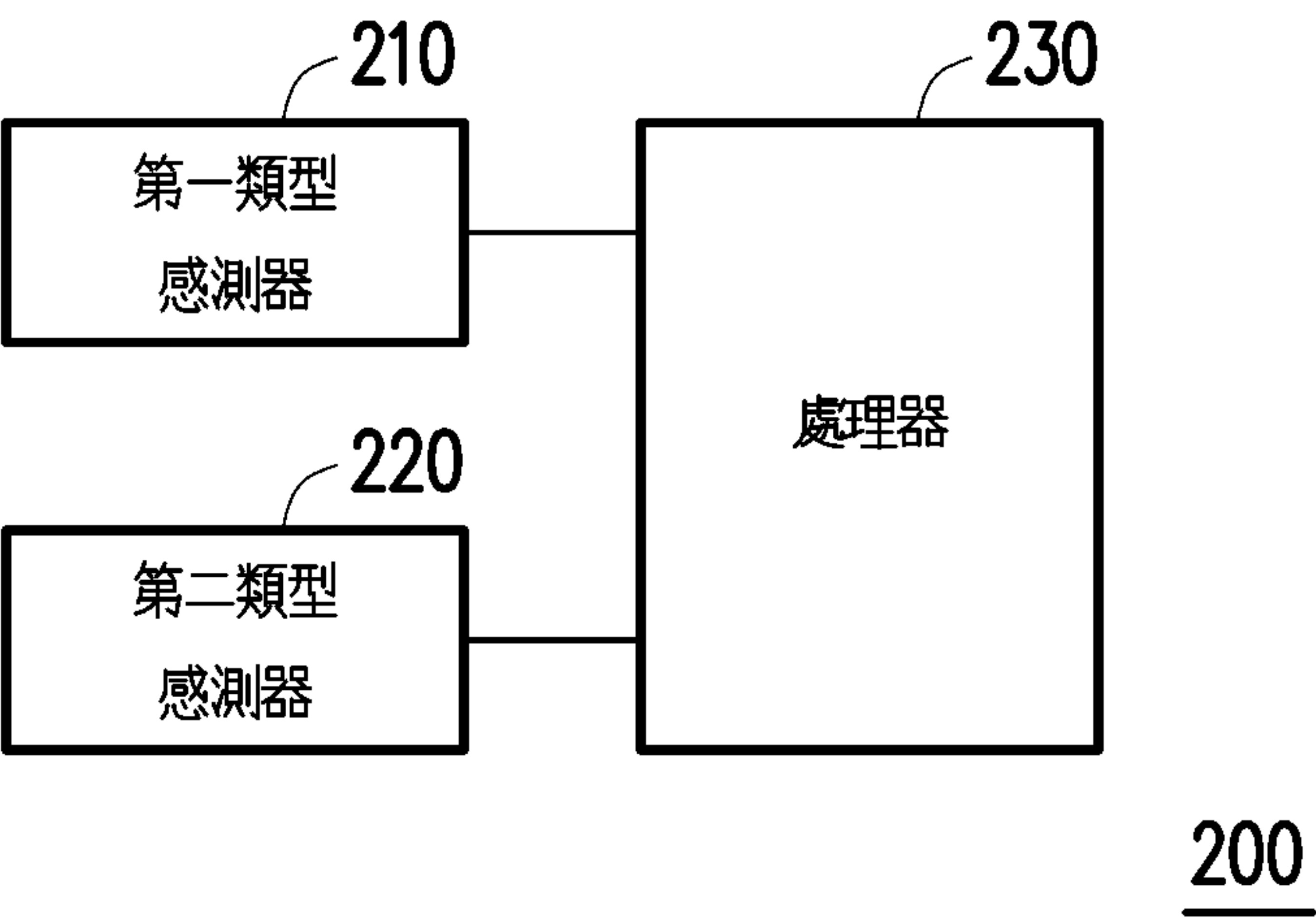


16 光束

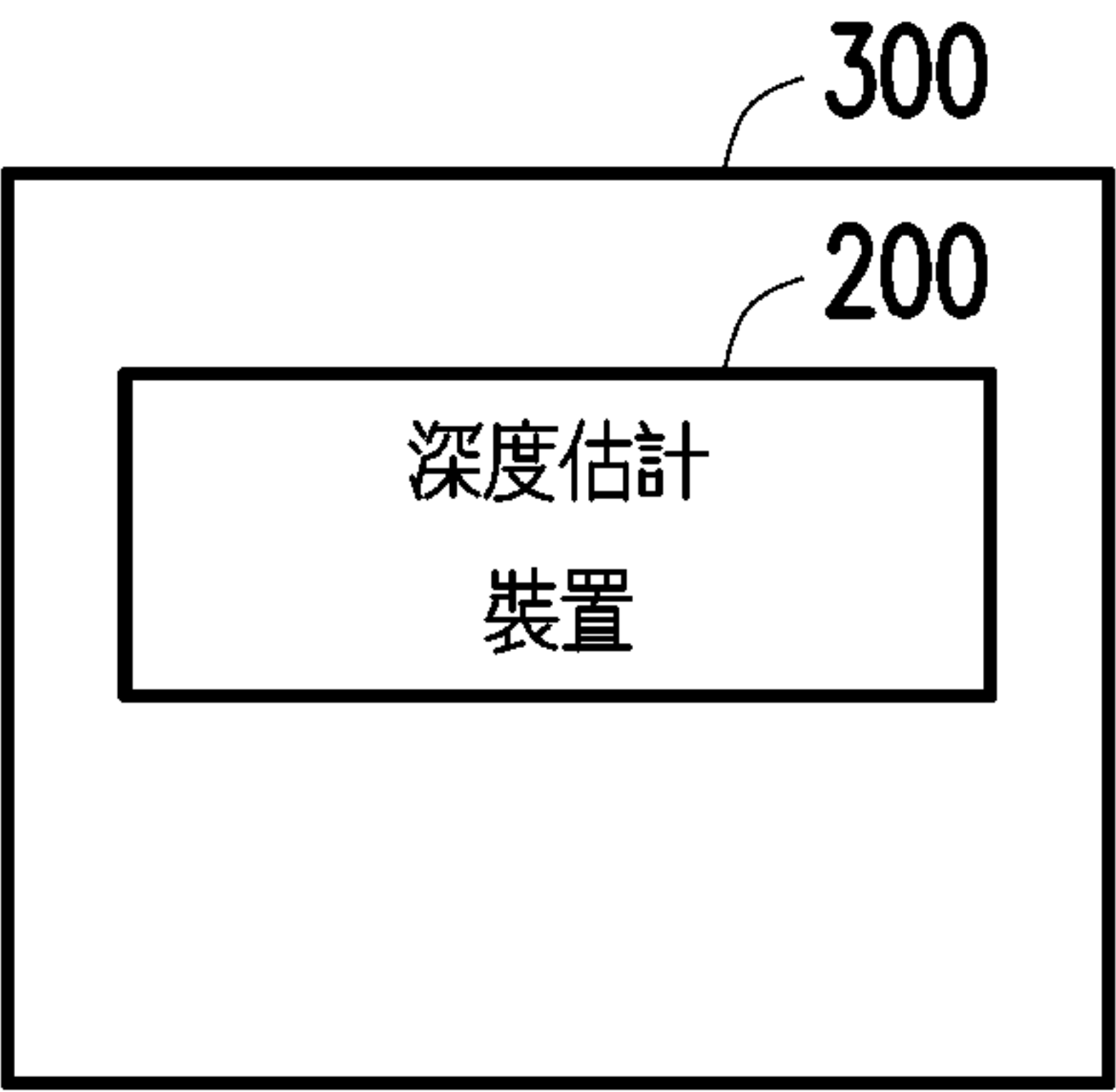


64 光束

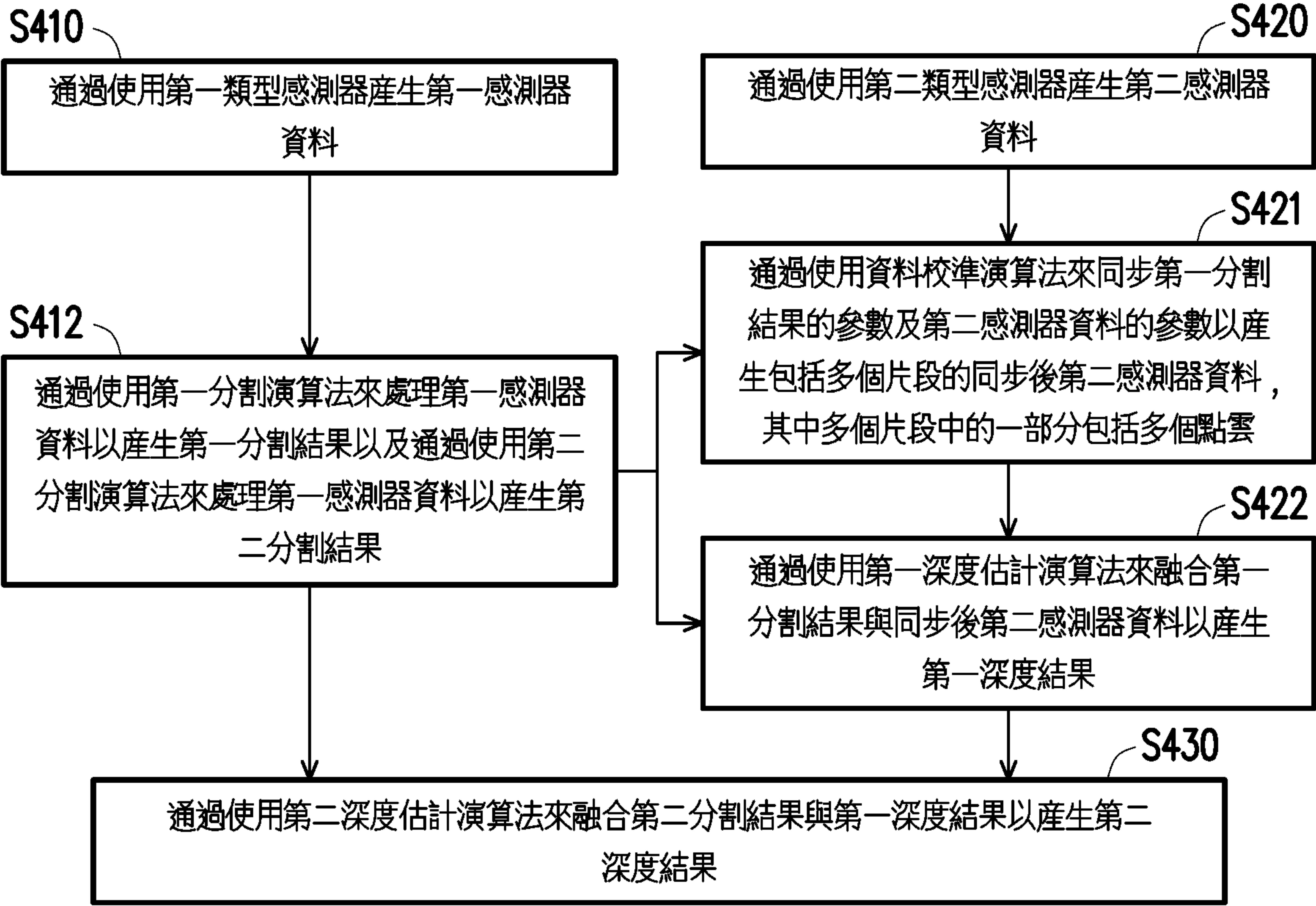
【圖1B】



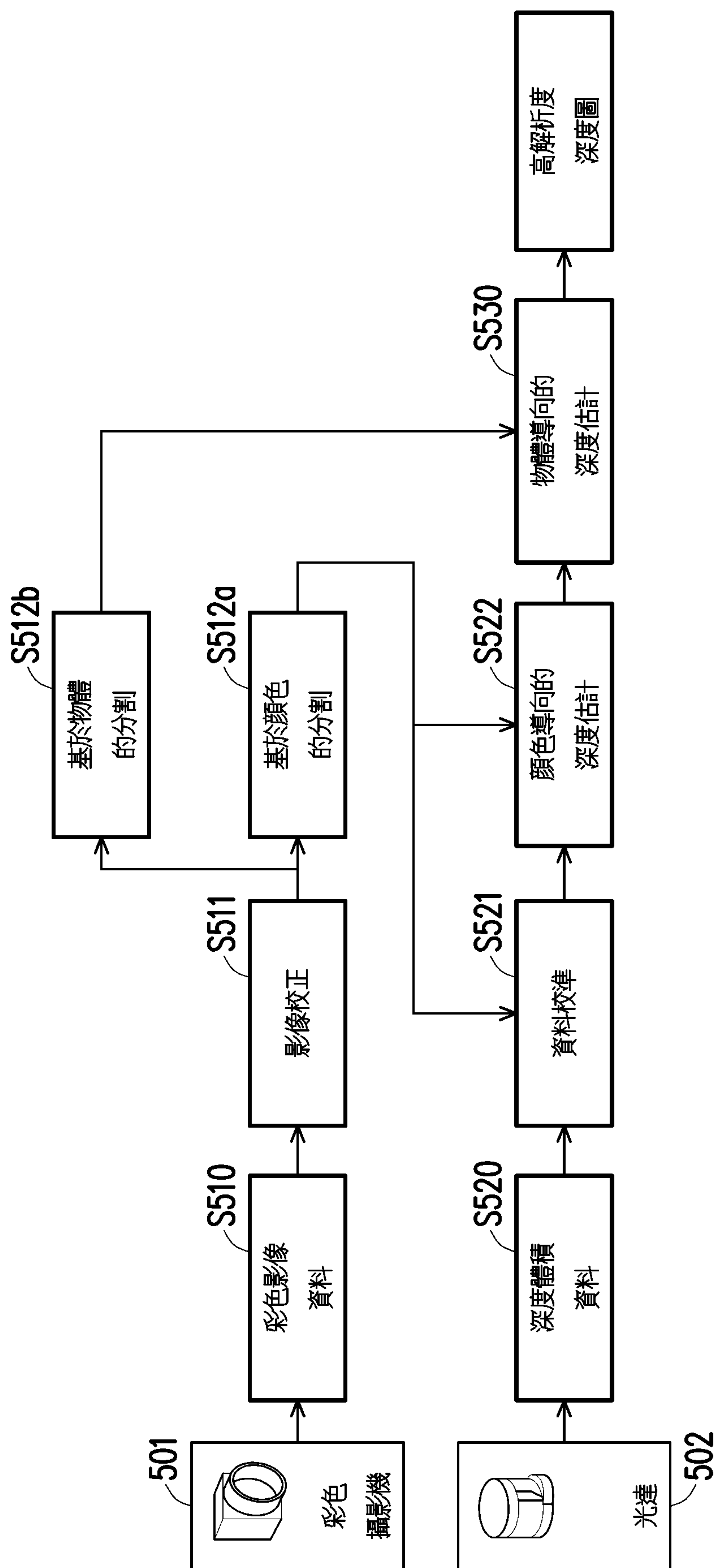
【圖2】



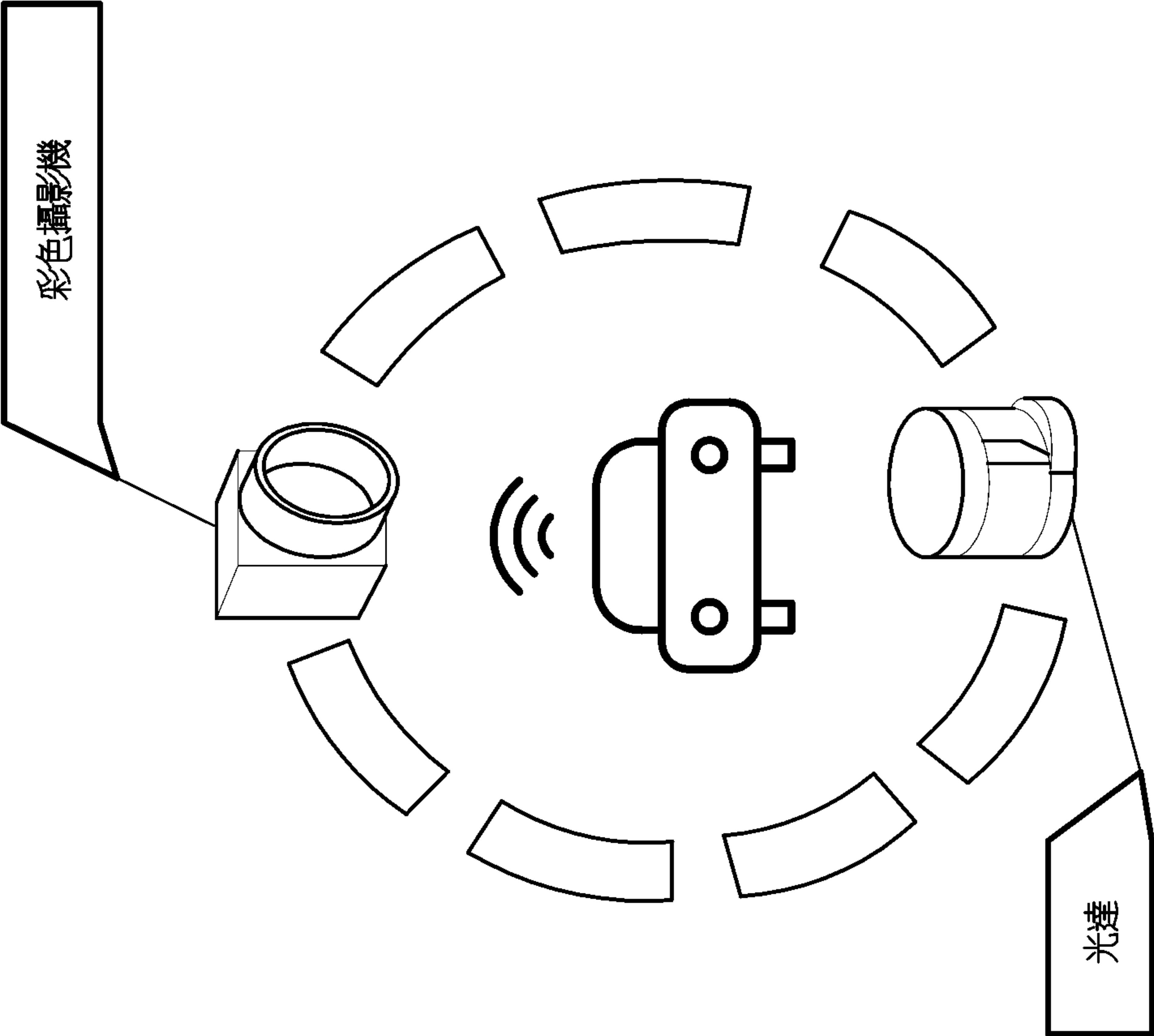
【圖3】



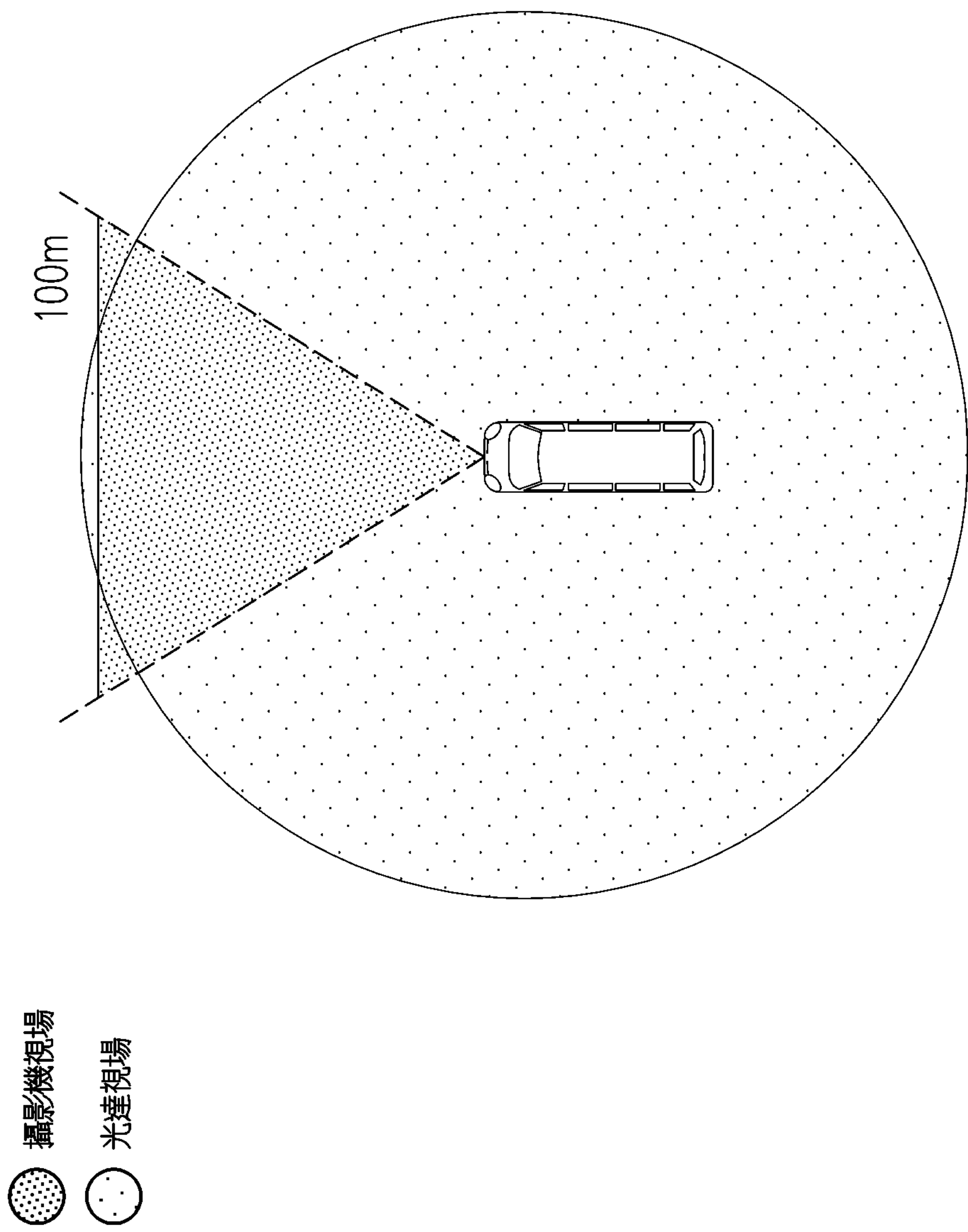
【圖4】



【圖5】



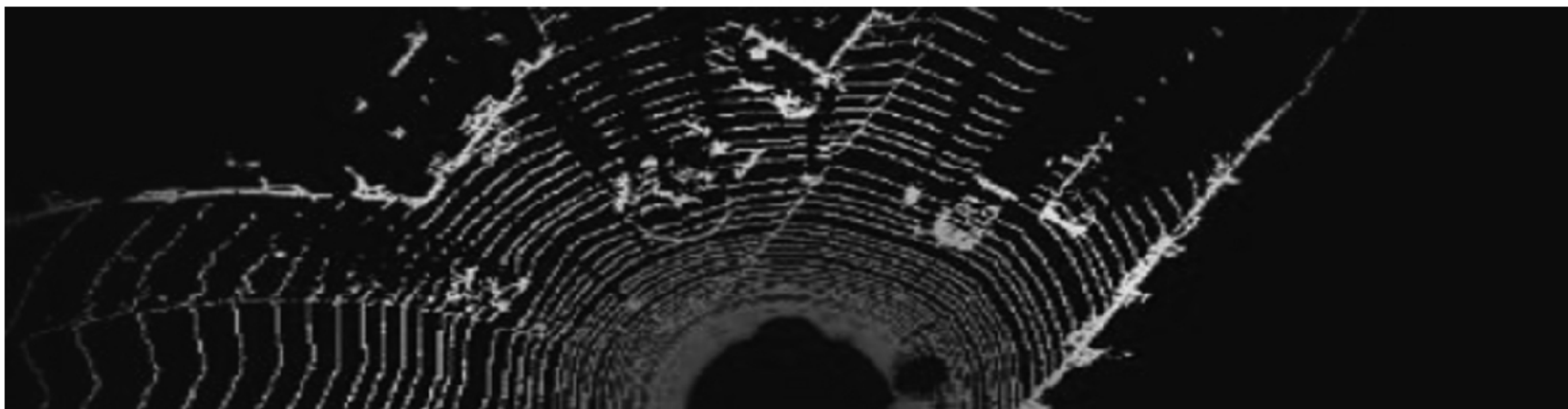
【圖6A】



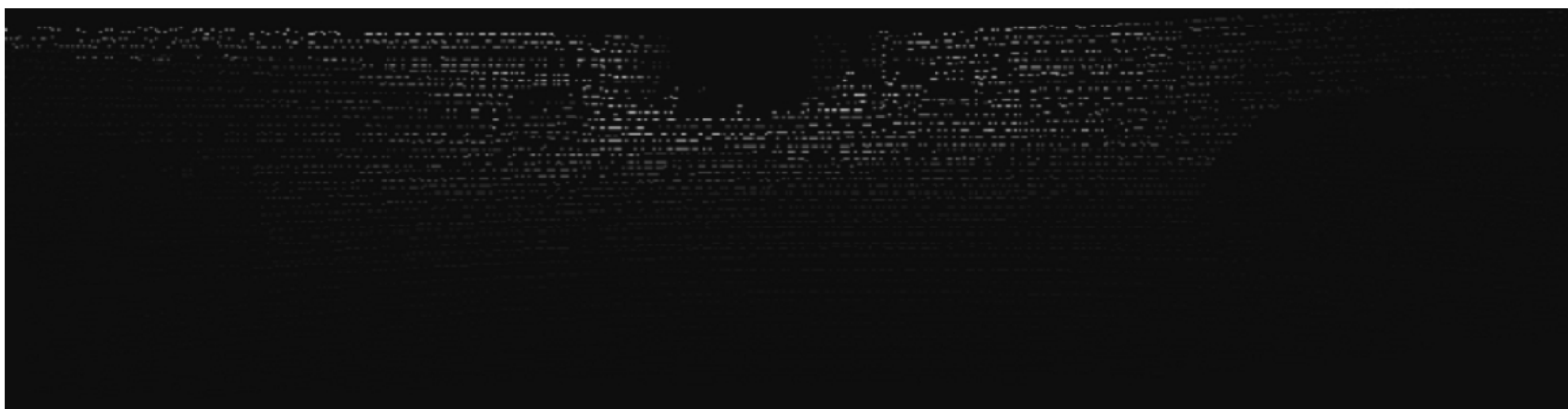
【圖6B】



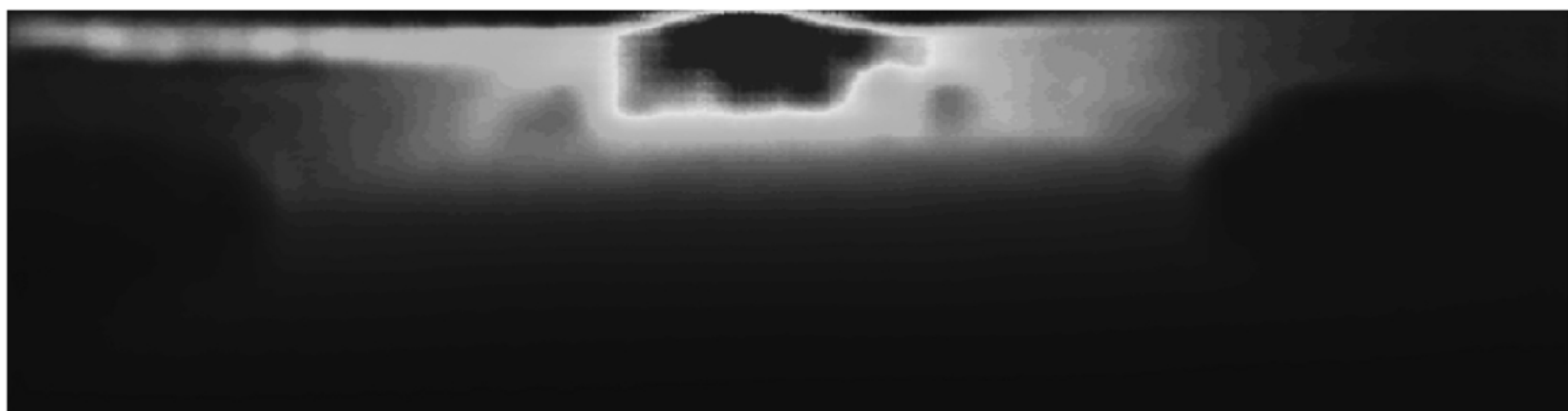
【圖6C】



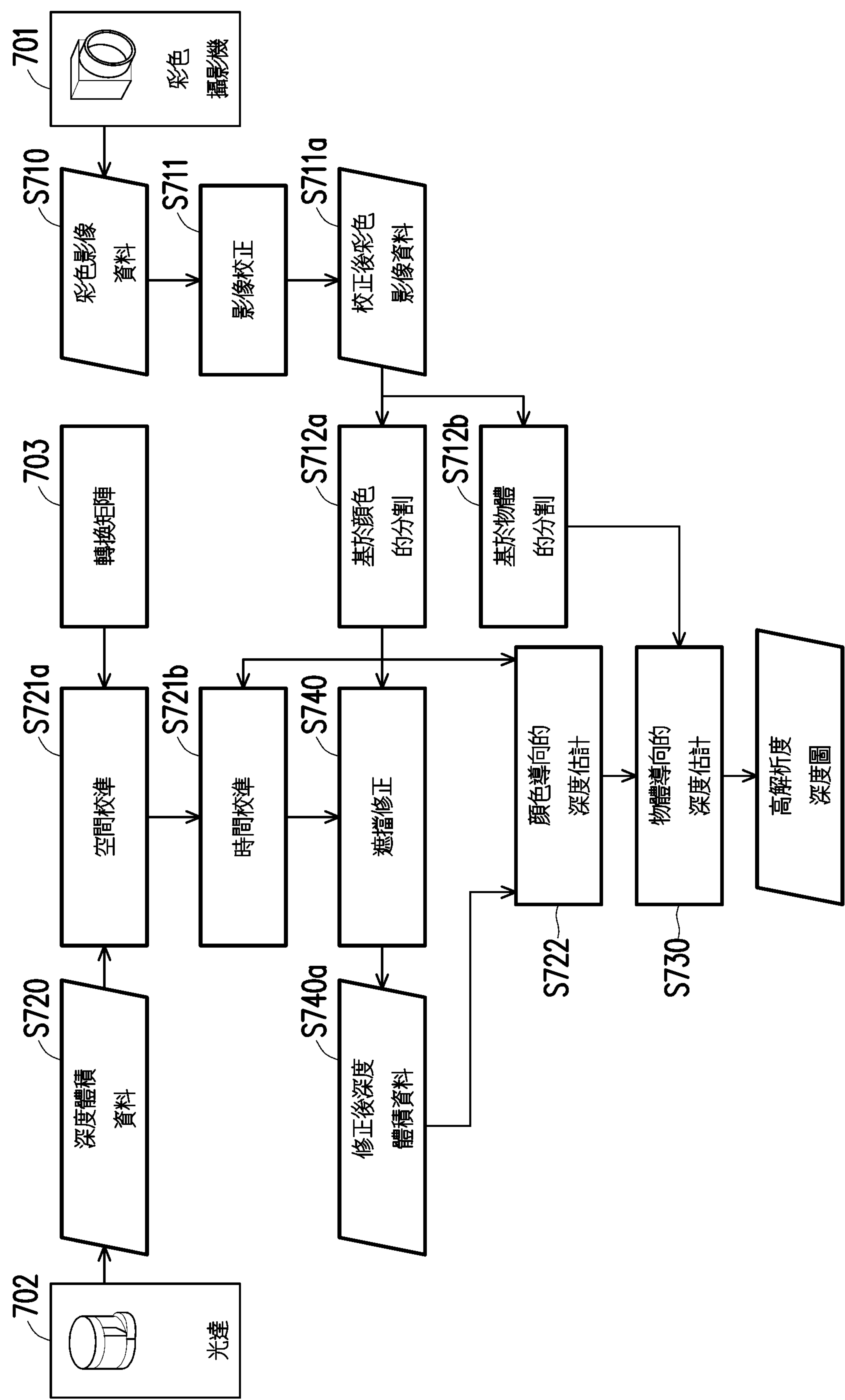
【圖6D】



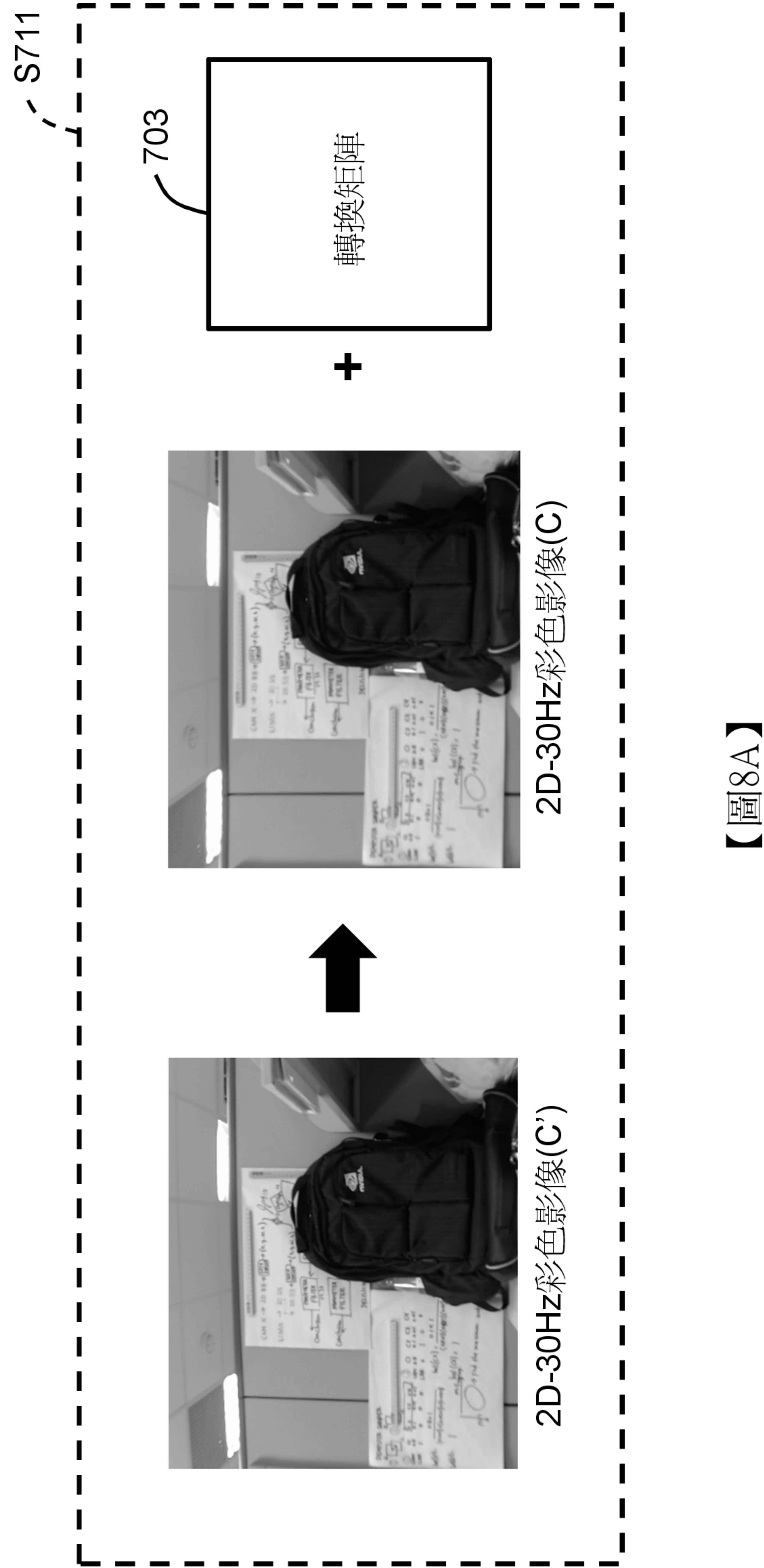
【圖6E】



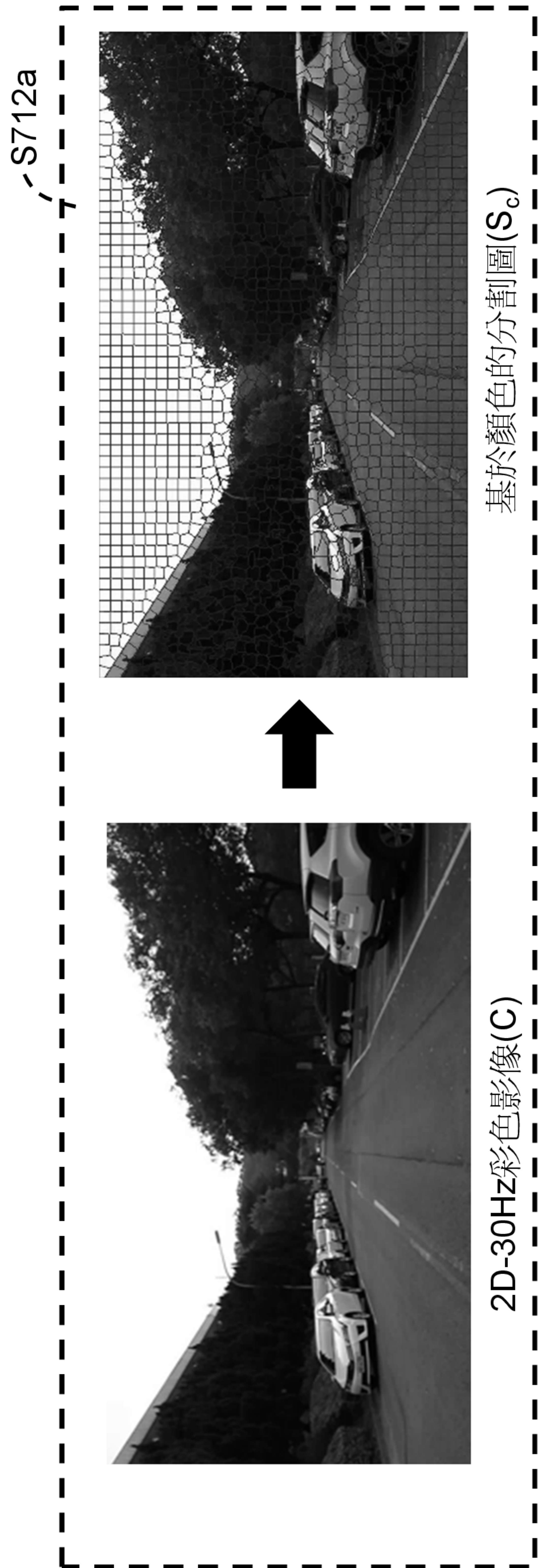
【圖6F】



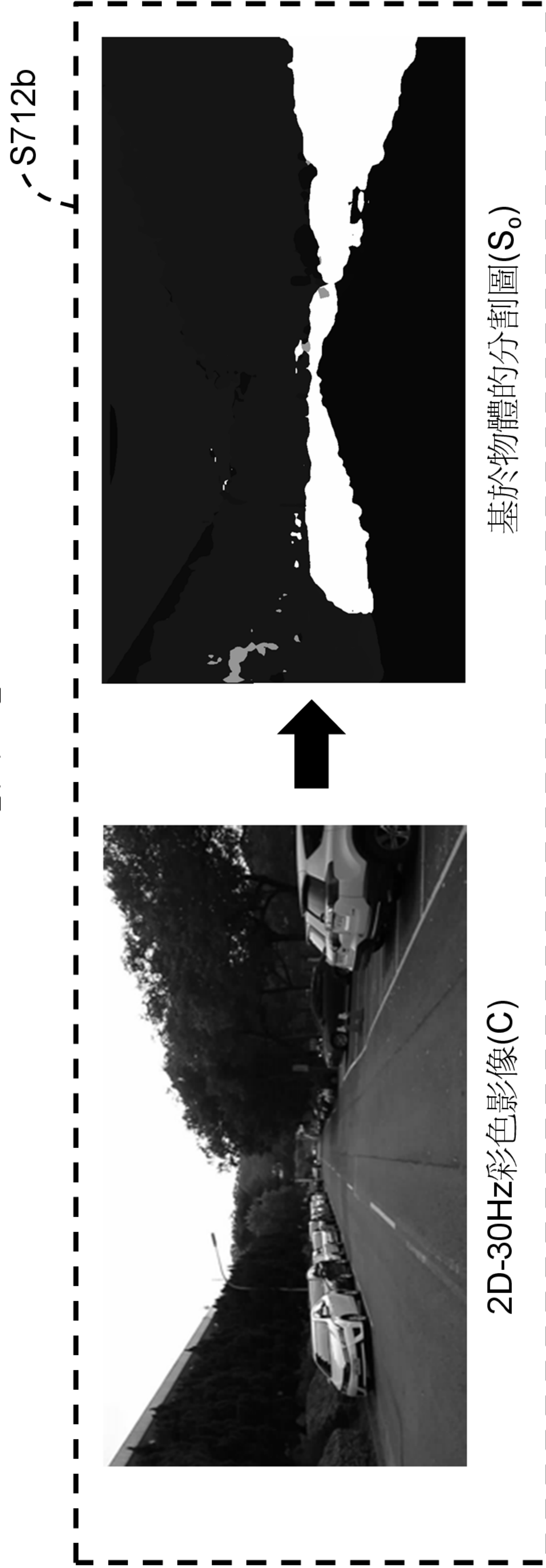
【圖7】



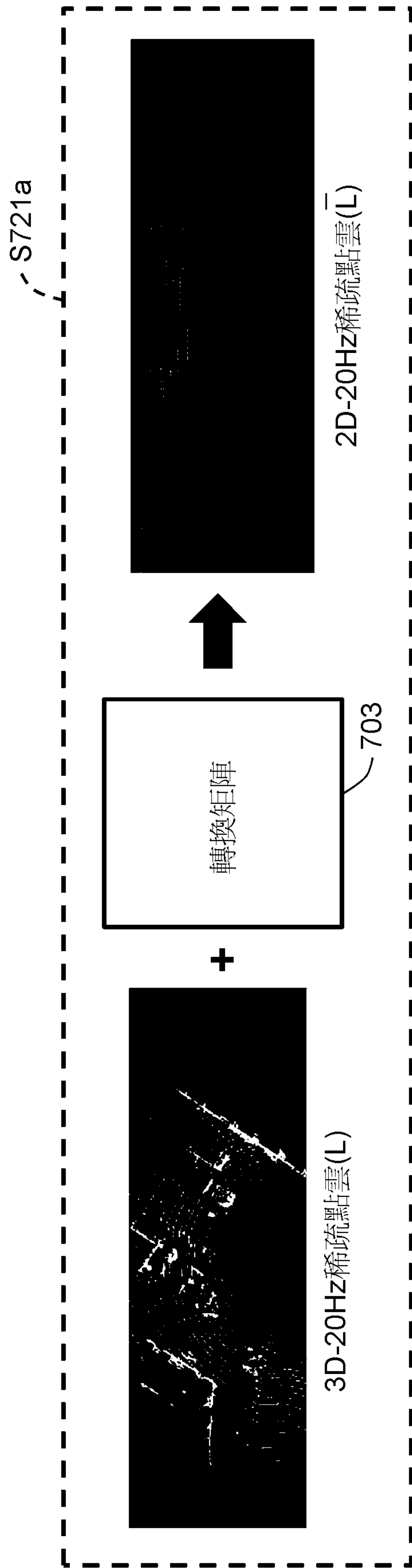
【圖8A】



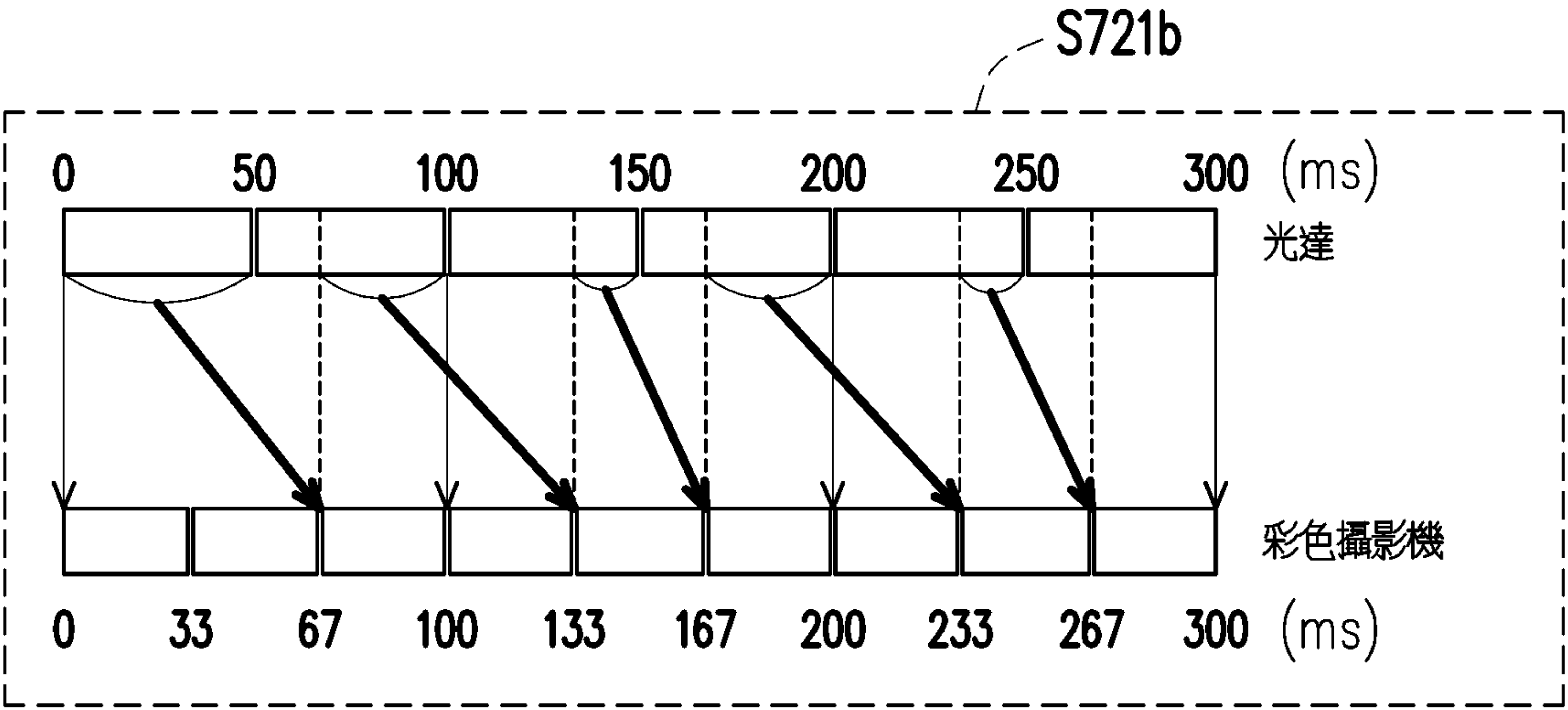
【圖8B】



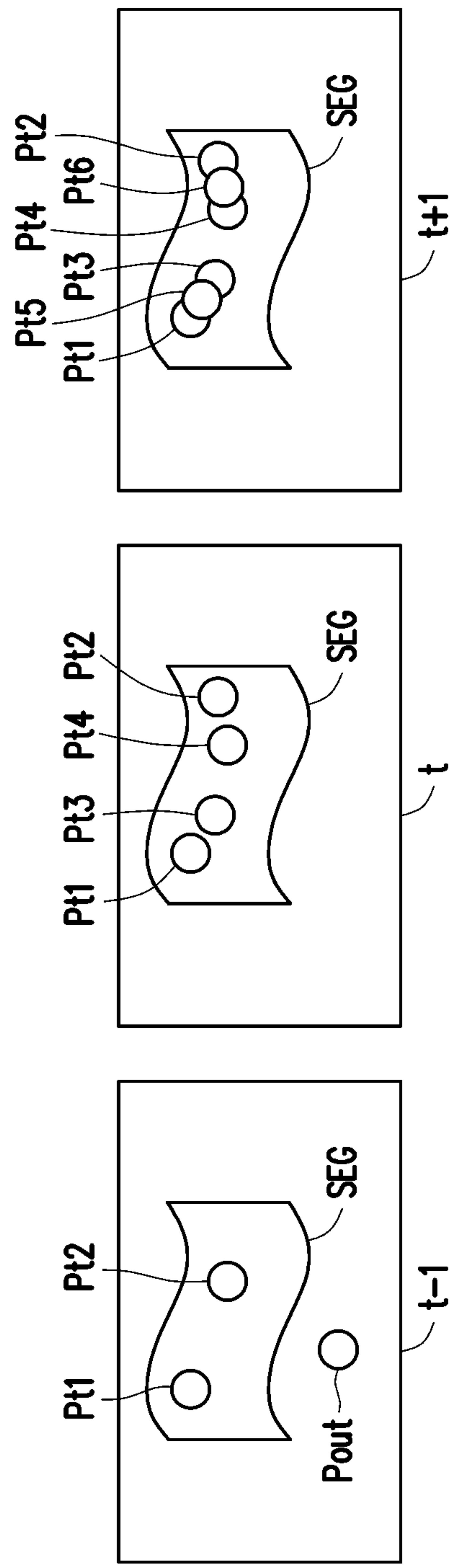
【圖8C】



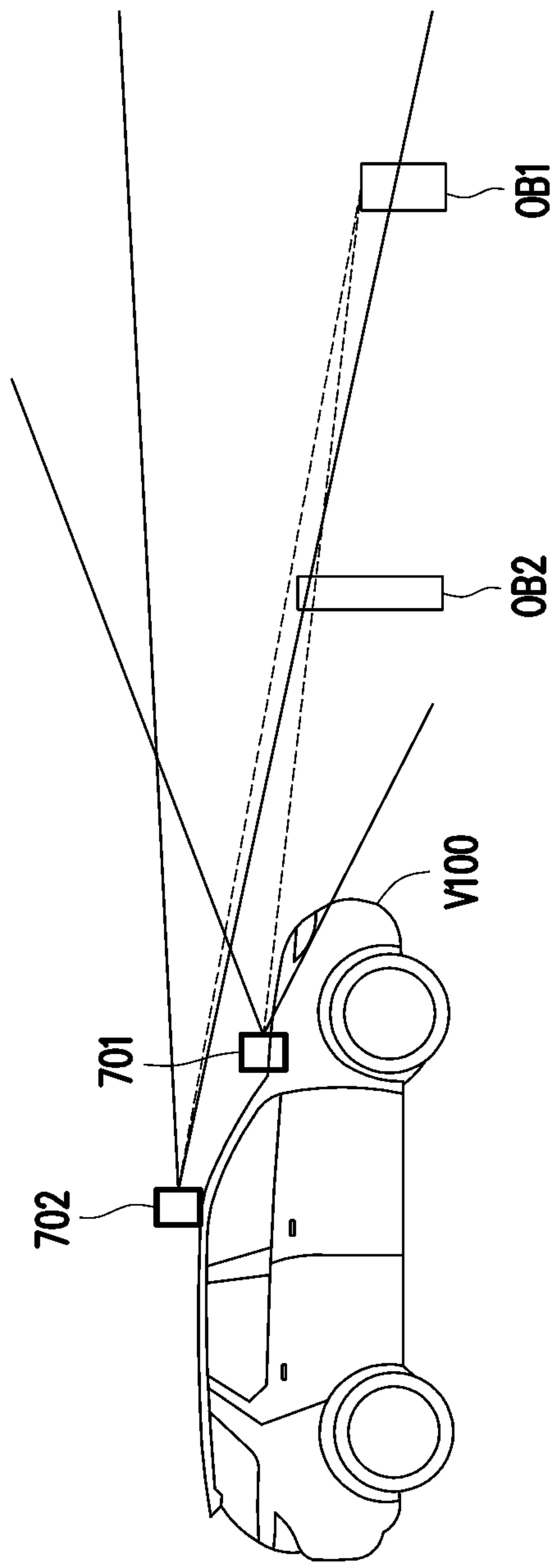
【圖9A】



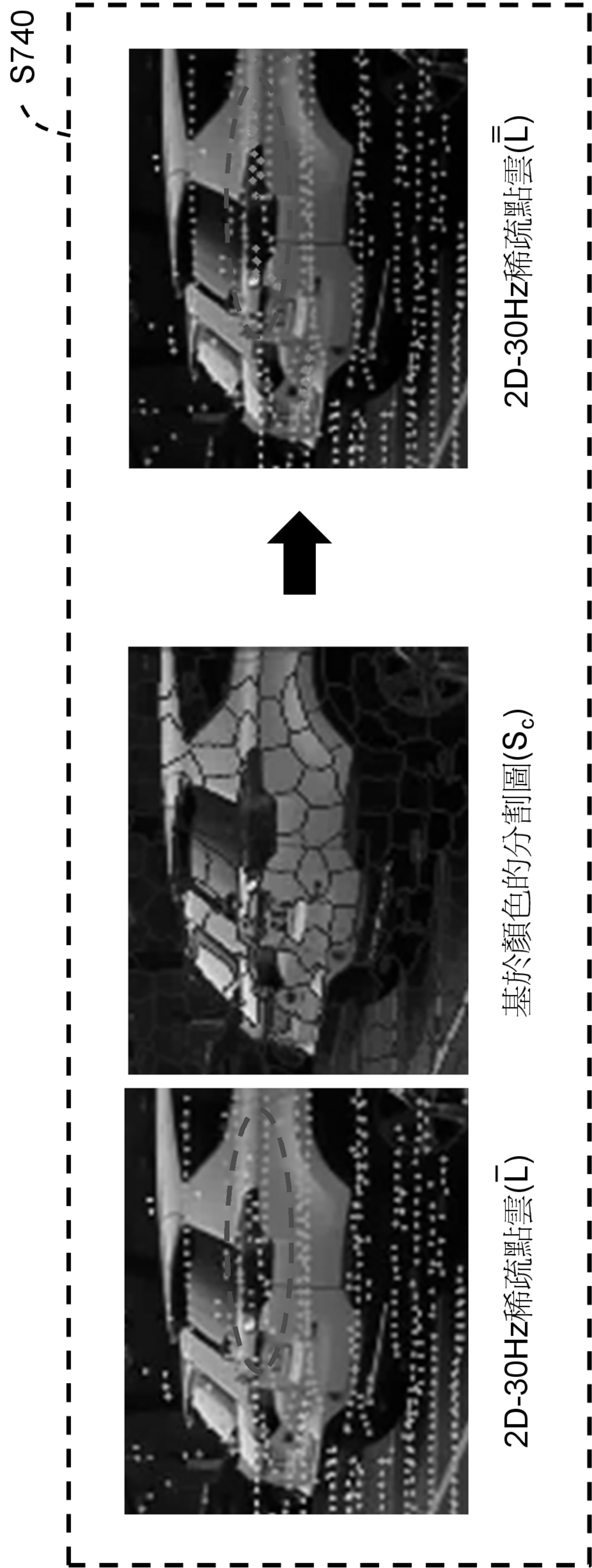
【圖9B】



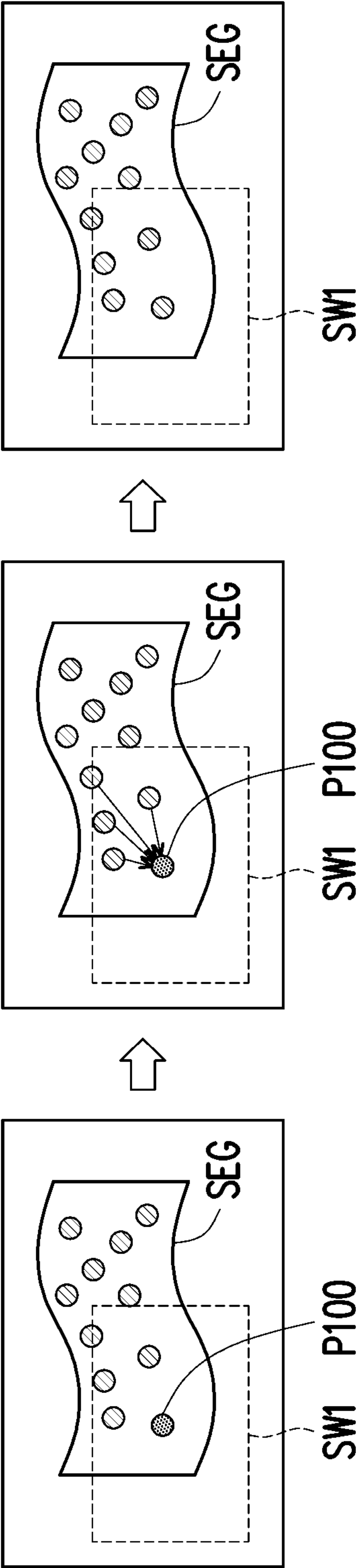
【圖9C】



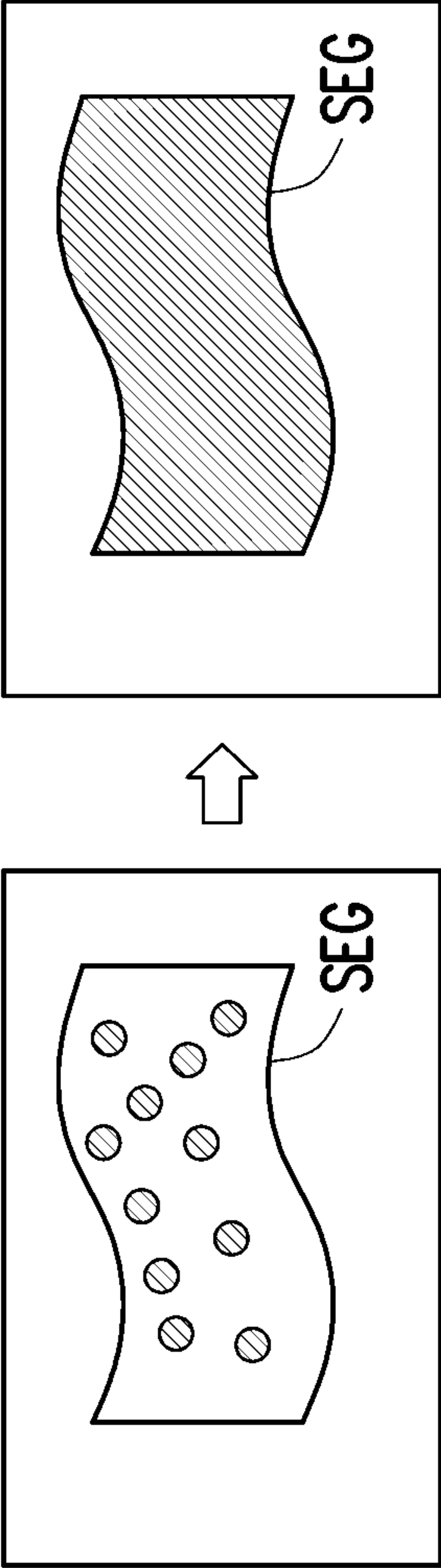
【圖10A】



【圖10B】



【圖10C】



【圖11A】

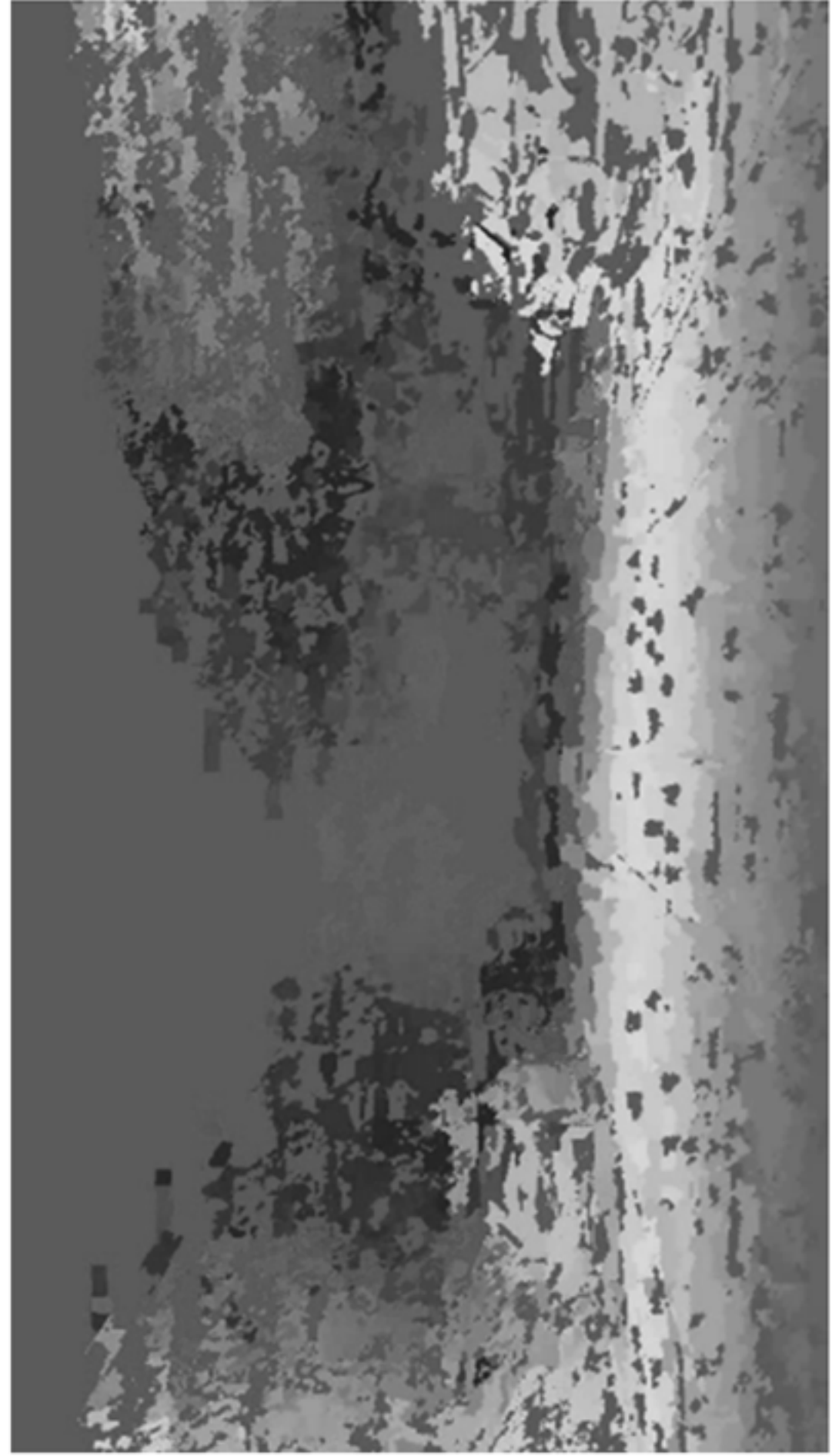
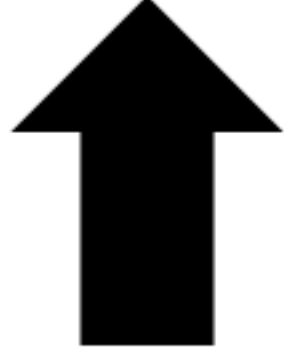
S722



2D-30Hz稀疏點雲(L)

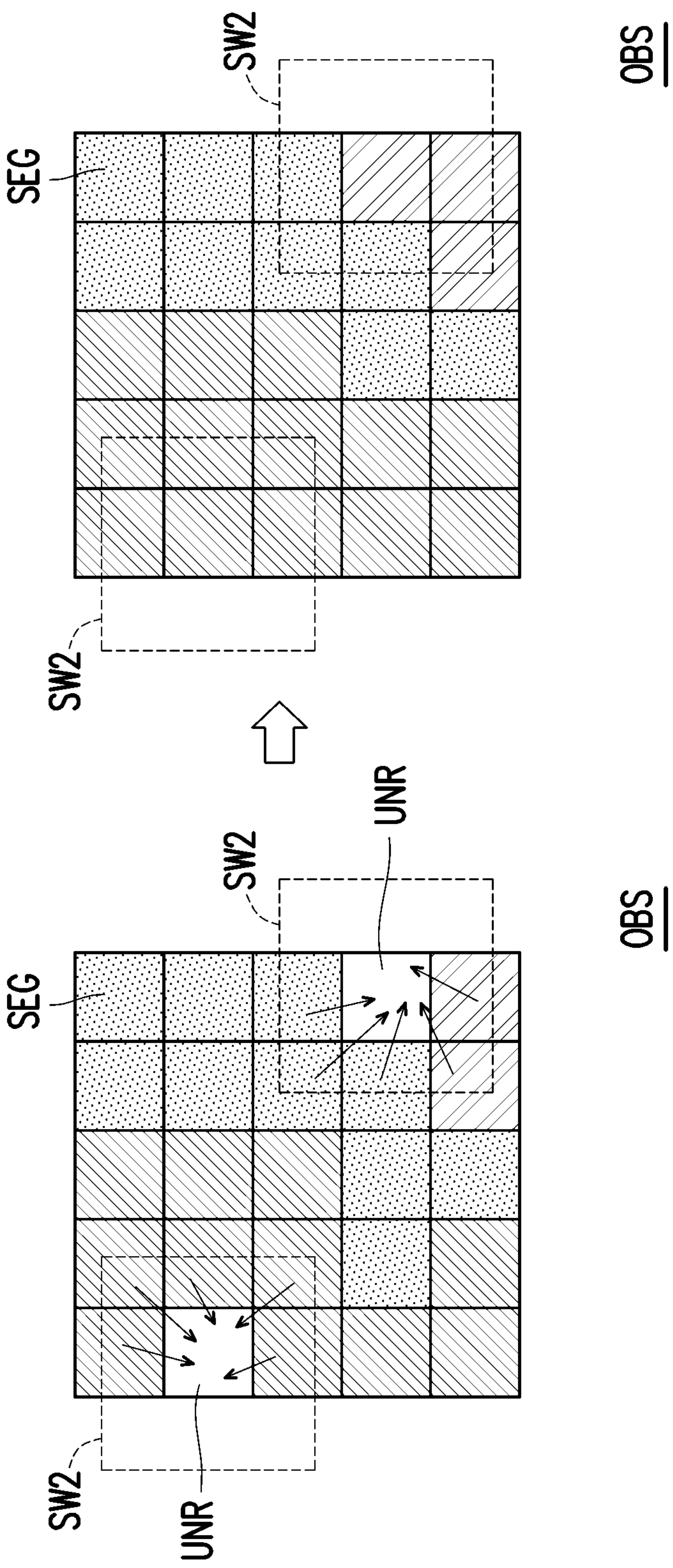


基於顏色的分割圖(S_c)

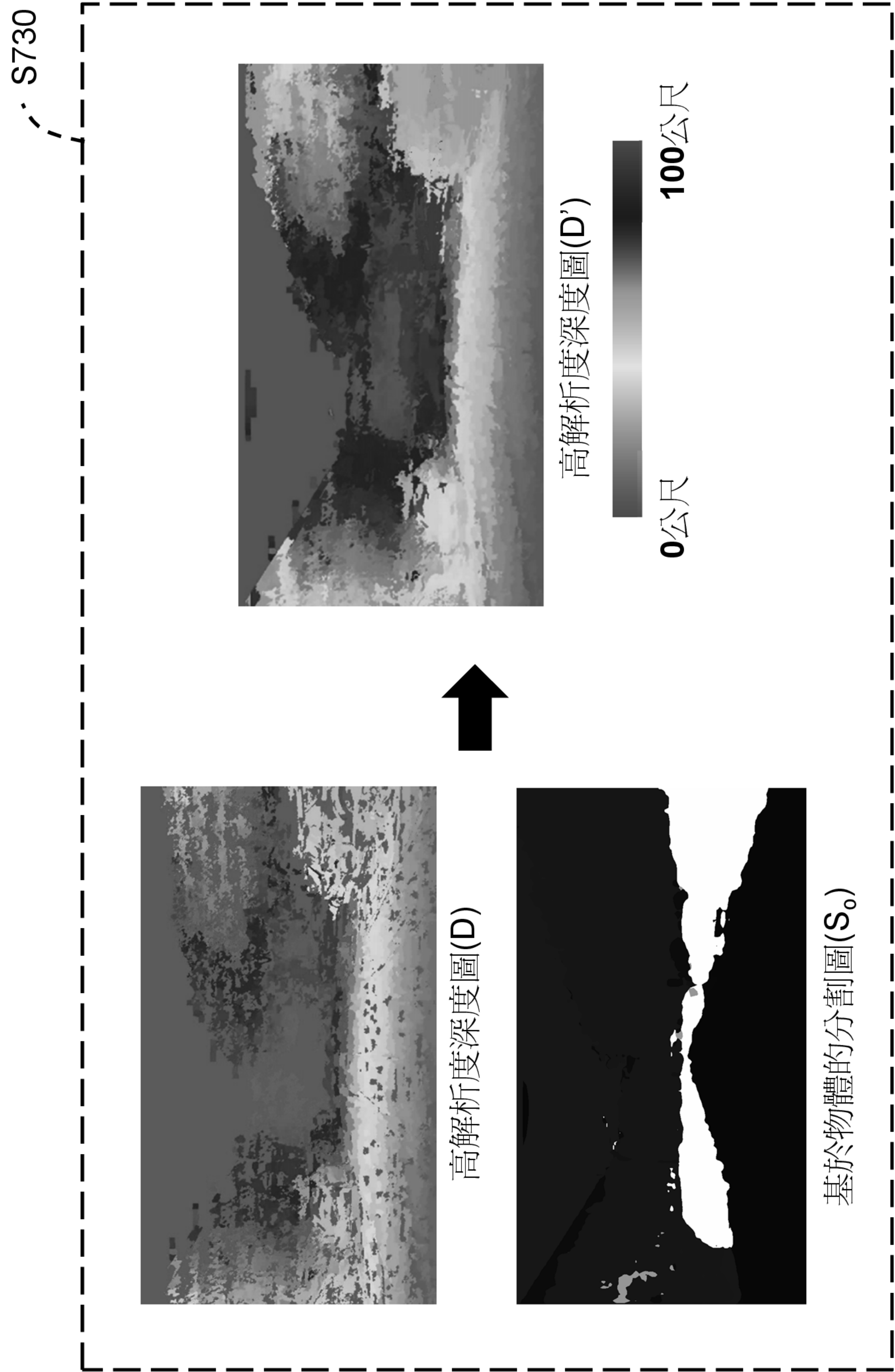


高解析度深度圖(D)

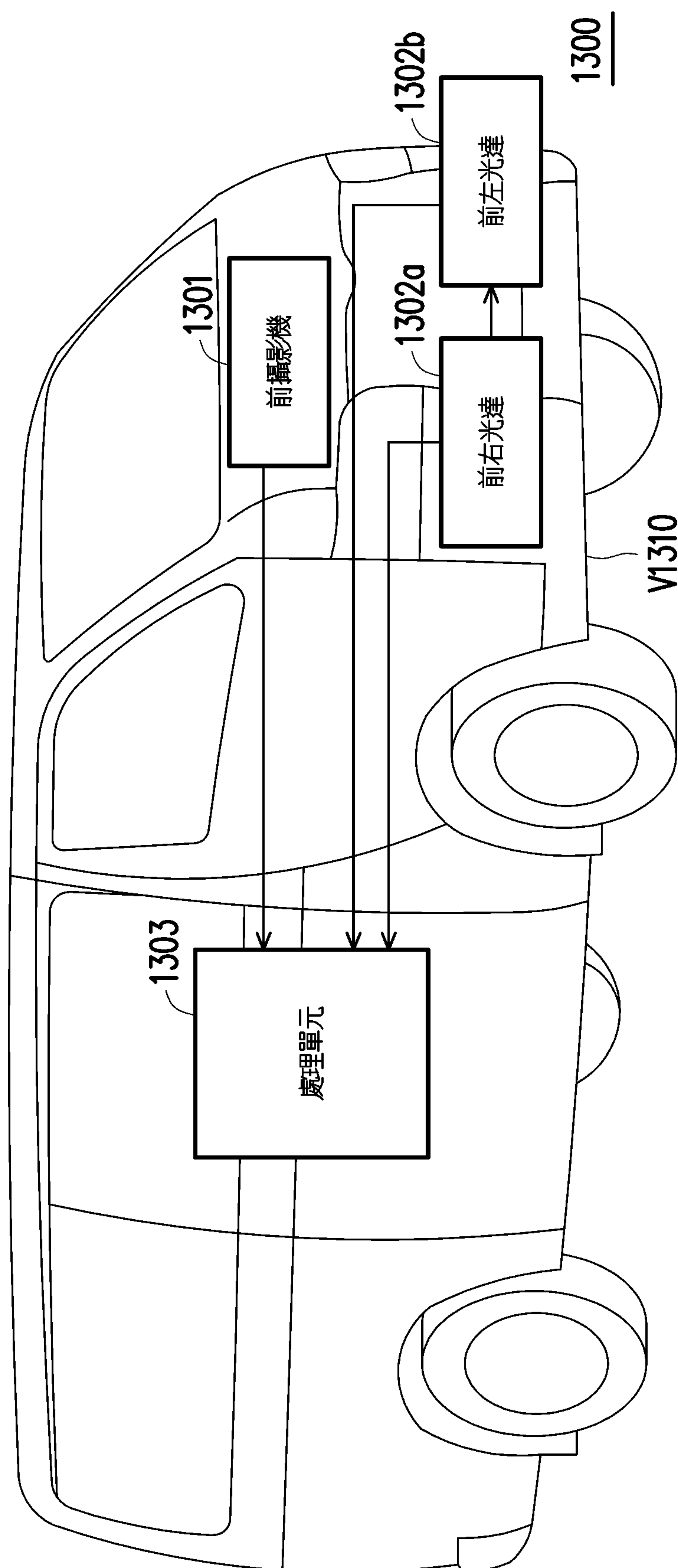
【圖11B】



【圖12A】



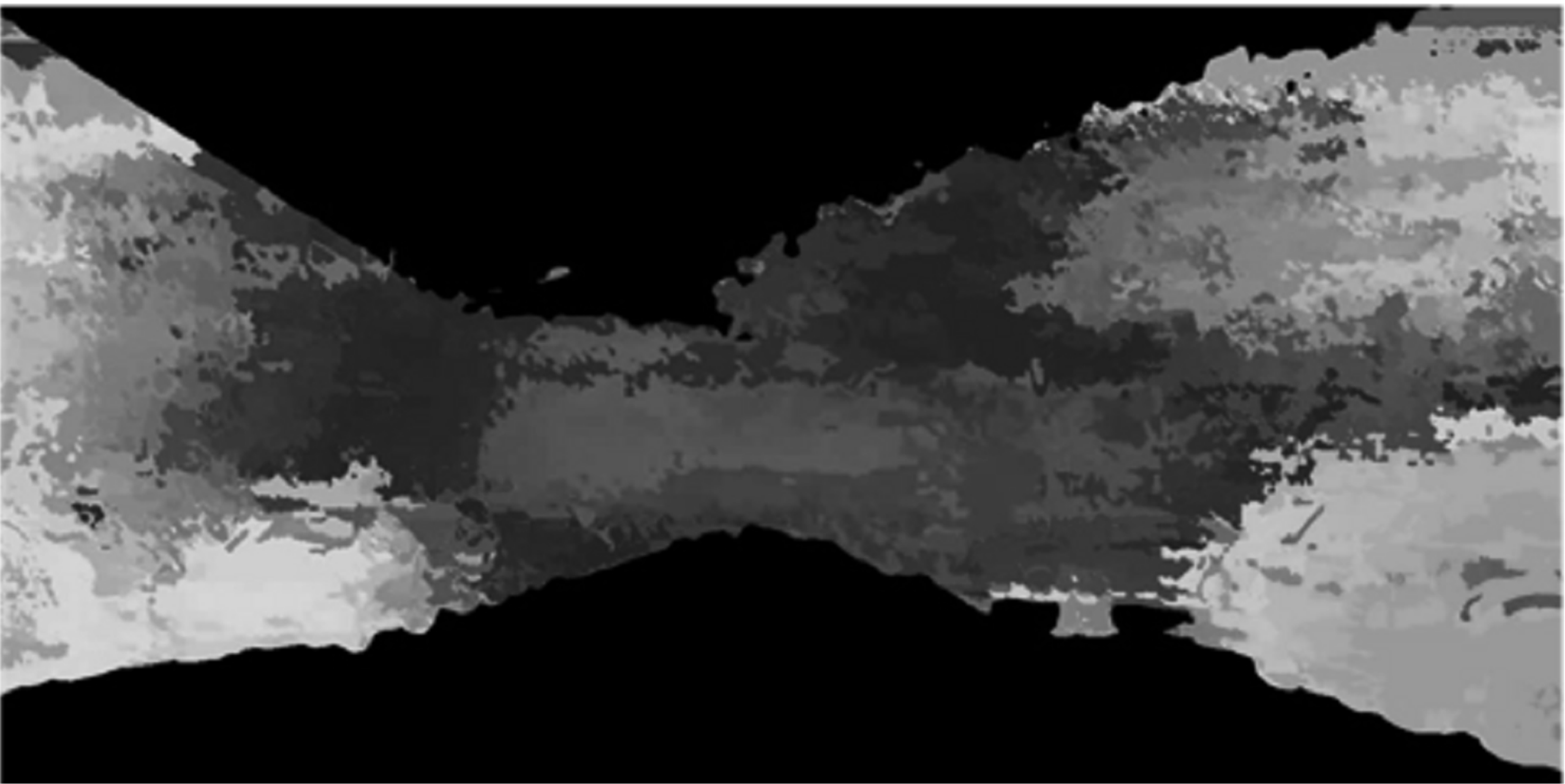
【圖12B】



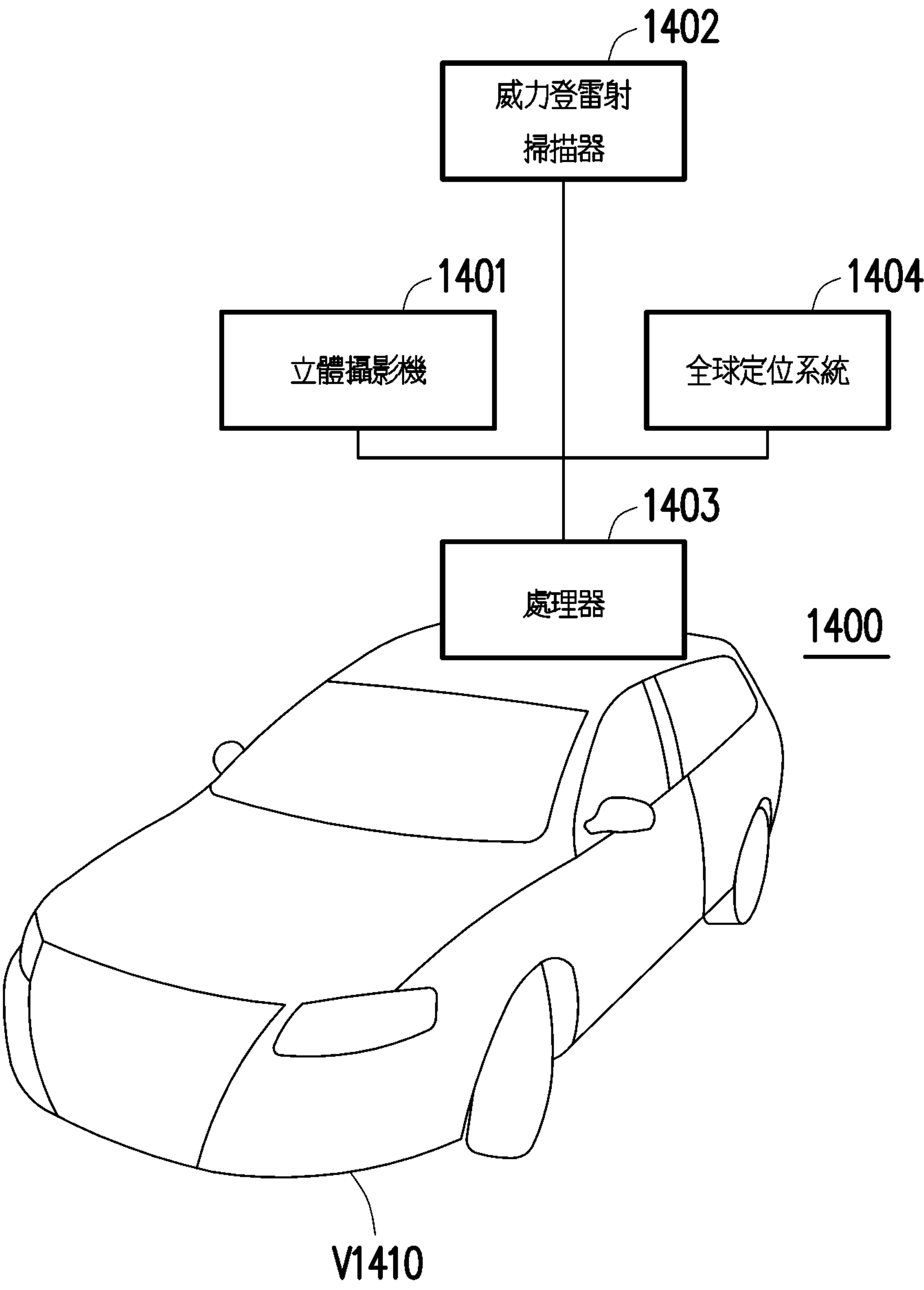
【圖13A】



【圖13B】



【圖13C】



【圖14A】



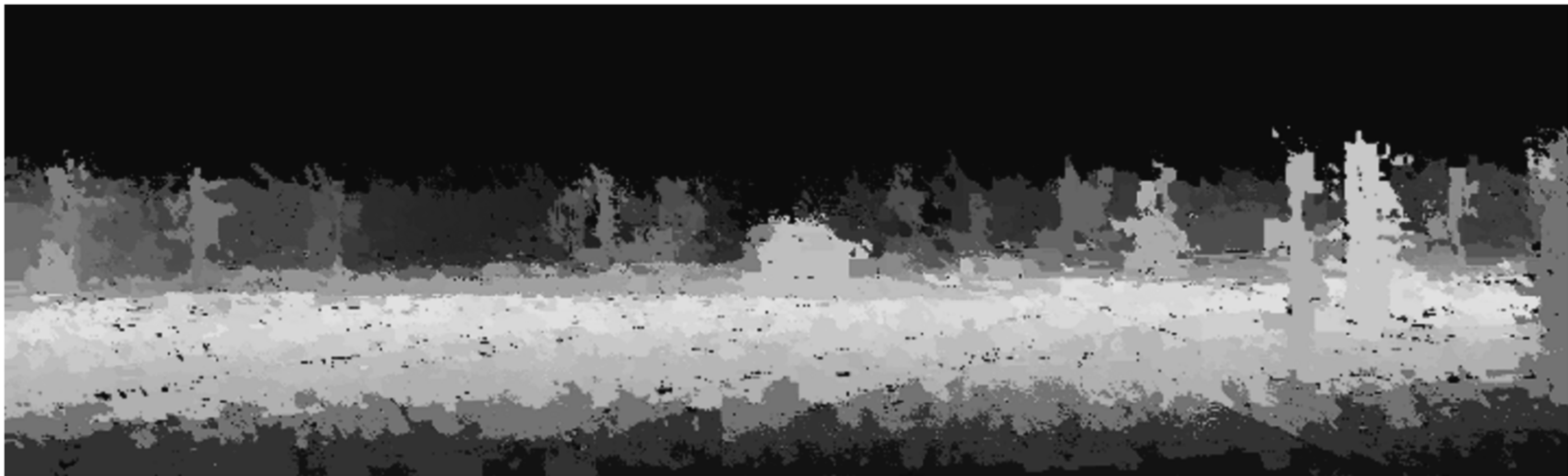
【圖14B】



【圖14C】



【圖14D】



【圖14E】