



World Robot Olympiad 2020

進階組 – 競賽規則

智慧型溫室

版本: 01.15th

(修改部分為紅色標示)



WRO International Premium Partners

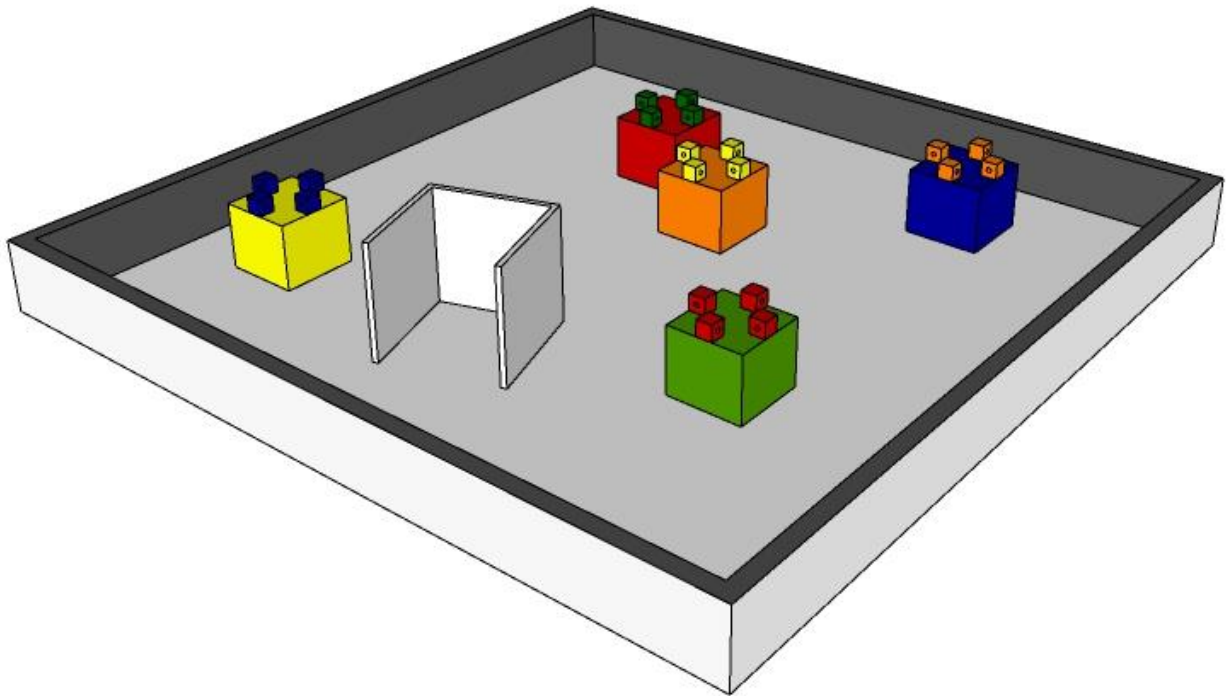


目錄

1. 介紹	3
2. 競賽說明	4
3. 競賽方案	6
4. 競賽規則	10
5. 得分計算	12
6. 場地說明	16
7. 附錄 A	27
8. 附錄 B	29
9. 附錄 C	33
10. 附錄 D	37

1. 介紹

此次挑戰是建造一個在溫室中的自動控制園丁機器人。隊伍必須設計出可自我定位和繪製場地的機器人，以因應溫室中的環境變化。



2. 競賽說明

溫室是一種提供植物各種可調節氣候的封閉系統結構。開放的方形競賽桌台代表著溫室。溫室內箱子上的小方塊代表著生長階段的植物。箱子代表著不同照明、不同溫度下的氣候條件。共有 5 個不同顏色的箱子，且每個箱子上有來自不同顏色箱子的 4 個小方塊，每個小方塊位在已知的 4 的方位上(前、後、左、右)。但箱子在競賽桌台內沒有固定的位置。機器人必須從起始區開始，起始區為一個白色三邊圍成的“ \square ”字形區域。場地如圖 1。

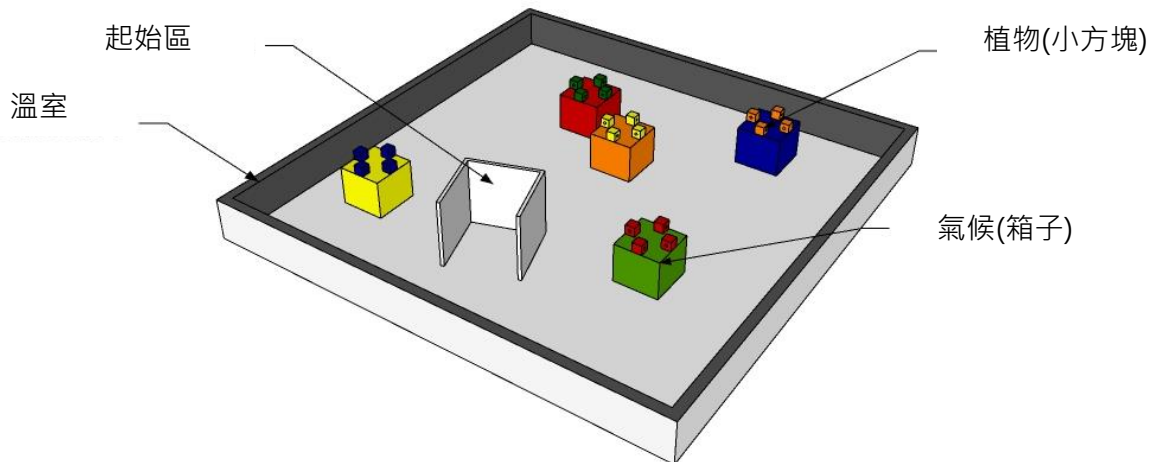


圖 1. 競賽場地

請注意箱子的位置是在每回合競賽開始前隨機抽籤決定的。

機器人的任務是將不同氣候箱子上的植物方塊移動到另一個氣候箱子上。

機器人只需辨別 3 個需要被移動的植物方塊，依照規則將其移動到另一個箱子上：

1. 第一個植物方塊位在藍色箱子上，擺放在距離桌台邊牆最近那一面的對面邊緣上。

2. 藍色箱子上的方塊顏色決定了第二個箱子。第一個方塊需移動到第二個箱子上。
3. 第二個方塊位在第二個箱子最靠近桌台邊牆那一面的對面邊緣上。
4. 第二個箱子上的方塊顏色決定了第三個箱子。第二個方塊需移動到第三個箱子上。
5. 第三個方塊位在第三個箱子最靠近桌台邊牆那一面的對面邊緣上。
6. 第三個方塊必須移動到起始區內(方塊可以在機器人上或機器人內)。

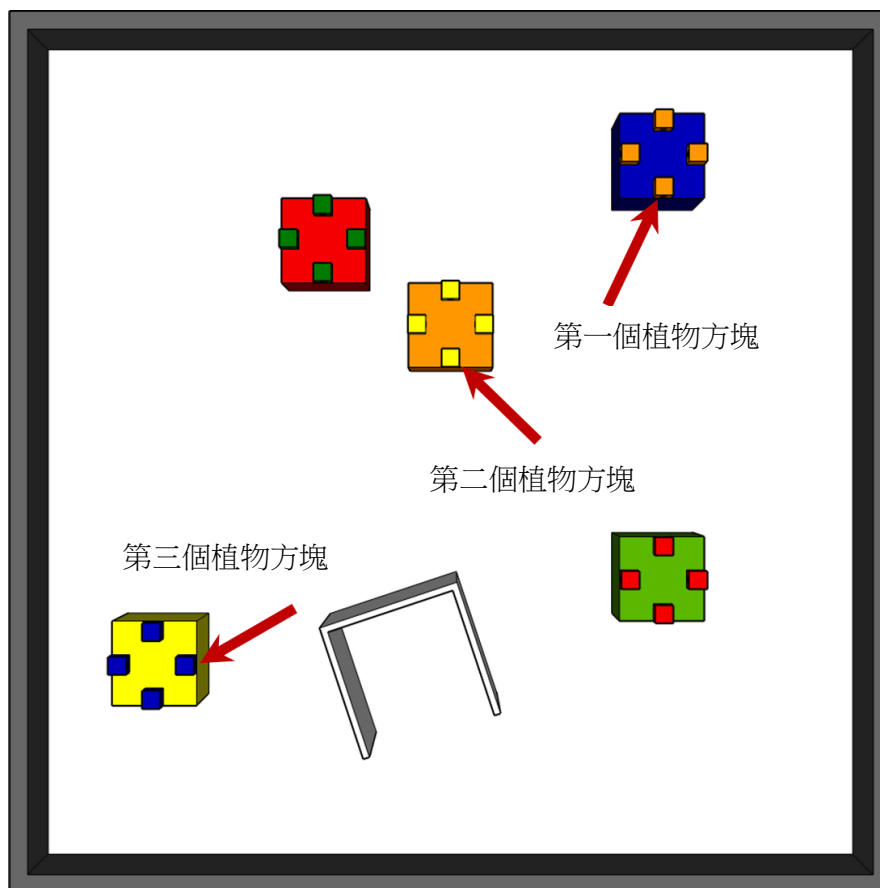


圖 2. 需要被移動的方塊

3. 競賽方案

競賽分兩個階段：資格賽和決賽。

世界賽將會舉行：3 回合資格賽和 2 回合決賽。

資格賽期間，將提供 4 個 QR-code，它們全部相同並且具有正確的比賽物件坐標，如圖 14 所示。QR-code 將位於起始區的內側，以便使機器人能夠對其進行掃描。此 QR-code 將具有特定的格式，該格式將以以下形式識別起始區的位置和方向以及所有比賽物件的坐標（無顏色資訊）：

“($X_{p1}, Y_{p1}, X_{p2}, Y_{p2}$) (X_1, Y_1, X'_1, Y'_1) (X_2, Y_2, X'_2, Y'_2) (X_3, Y_3, X'_3, Y'_3) (X_4, Y_4, X'_4, Y'_4) (X_5, Y_5, X'_5, Y'_5)”。

X_{p1}, Y_{p1} ：起始區內側右上角的座標位置。

X_{p2}, Y_{p2} ：起始區內側右下角的座標位置。更多細節請參考圖 20。

X_i, Y_i ：箱子的角點座標位置。

X'_i, Y'_i ：由先前坐標 X_i, Y_i 標識的同一箱子的相對角點的坐標。

$1 \leq i \leq 5$

注意，不需要按照任務的相同順序來排列箱子的坐標（即 (X_1, Y_1, X'_1, Y'_1) 不必是第一個坐標）。另外， X_1, Y_1 不必是框左上角的坐標。有關詳細信息，請參見圖 6。

競賽場地座標由英文字母 A 到 U 標示。需被移動箱子的位置座標間無空白。

QR-code 按照前面所述由 <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/> 產生。

可見 圖 4 和 圖 9 。

附錄 C 有比賽物件和相對應 QR-code 的範例說明。



圖 3. QR Code 代表著座標文字“(J,J,K,H)(S,I,U,K)(T,L,R,N)(S,O,Q,Q)(F,F,D,H)(N,R,P,T)”

(由 <https://www.thonky.com/qrcode/> 產生)

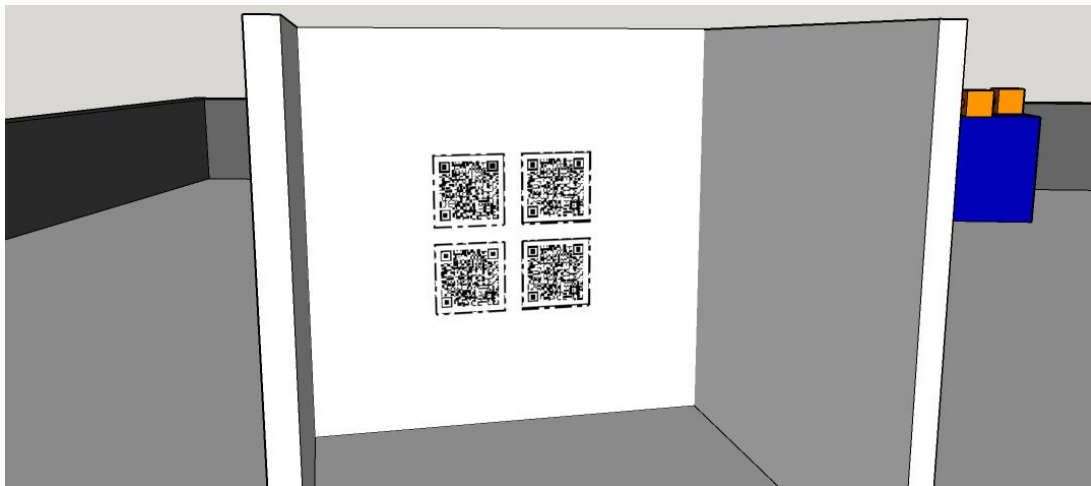


圖 4. 起始區內的 QR Code

資格賽期間，將提供 4 個 QR-code，它們中只有一個具有正確的比賽物件(箱子)座標，但全部都有正確的起始區座標，如圖 14 所示。QR-code 將位於起始區的內側，以便使機器人能夠對其進行掃描。此 QR-code 將具有特定的格式，該格式將以以下形式識別起始區的位置和方向以及其他比賽物件(箱子)的坐標（無顏色資訊）：

“($X_{p1}, Y_{p1}, X_{p2}, Y_{p2}$) (X_1, Y_1, X'_1, Y'_1) (X_2, Y_2, X'_2, Y'_2) (X_3, Y_3, X'_3, Y'_3) (X_4, Y_4, X'_4, Y'_4) (X_5, Y_5, X'_5, Y'_5)”。

X_{p1}, Y_{p1} ：起始區內側右上角的座標位置。

X_{p2}, Y_{p2} ：起始區內側右下角的座標位置。更多細節請參考圖 17。

X_i, Y_i ：箱子的角點座標位置。

X'_i, Y'_i ：由先前坐標 X_i, Y_j 標識的同一箱子的相對角點的坐標。

$1 \leq i \leq 5$

注意，不需要按照任務的相同順序來排列箱子的坐標（即 (X_1, Y_1, X'_1, Y'_1) 不必是第一個坐標）。另外， X_1, Y_1 不必是框左上角的坐標。有關詳細信息，請參見圖 6。

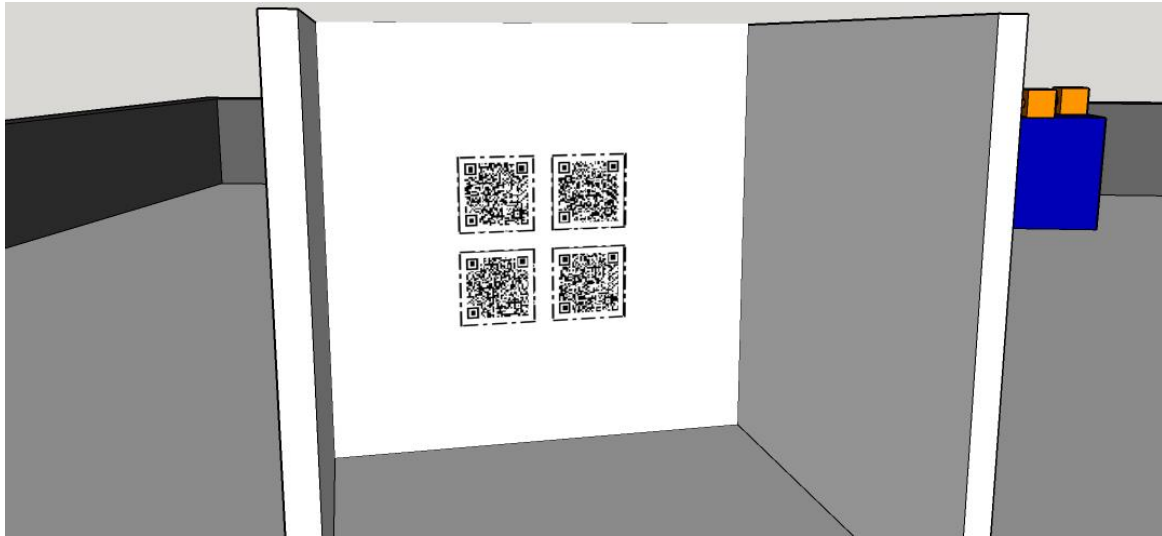


圖 5. 在決賽中四個不同的 QR-codes

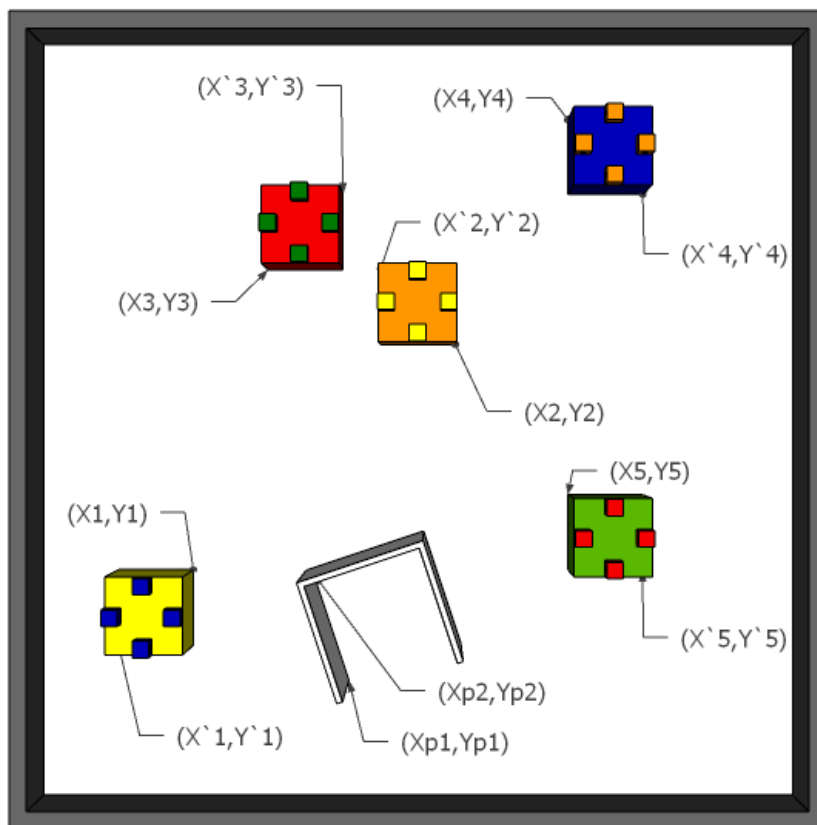


圖 6. 圖示 QR-code 所標示的座標位置

4. 競賽規則

競賽時間:

- 資格賽每回合 3 分鐘。
- 決賽每回合 5 分鐘。

競賽開始前:

- 箱子和起始區位置在回合開始前為未知的。位置將會在競賽開始前由裁判隨機抽籤決定。可以確定的是箱子會與桌台邊牆平行擺放。但是起始區不一定會與桌台邊牆平行。見附錄 A 和附錄 B，箱子和起始區分別可能的擺放方向。<https://arc.wro-association.org> 該網址可以減短抽籤的過程。
- 每回合隊伍將使用相同的起始區和箱子位置。

競賽開始:

- 機器人必須從起始區開始，並且機器人必須完全在起始區內，無任何部分超出該區域。
- 機器人起始尺寸不可超過 345 × 345 × 345 mm(電線不受此限制)。競賽開始後機器人的長和寬可延伸改變但高度仍需符合 345mm 的限制。
- 計時器將由裁判宣布 " 開始 " 後開始計算。

額外道具:

- 機器人不得在比賽期間故意在競賽場地上留下額外道具，也不得留下不可移動的標記（例如油漆）。如果機器人違反了此規則，則該回合將被停止，該機器人必須由

隊伍的一名成員停止，且該回合的得分將為零。如果裁判對此情況有疑慮，他們有權檢查隊伍的程式。

競賽期間:

- 機器人不允許移動箱子或起始區。若機器人違反此規則，競賽將繼續進行但該回合分數為 "0" 分。箱子其中之一的角被移動超過初始座標 10 mm 即被認定為 "移動"。
- 機器人移動方塊的順序沒有限制。
- 機器人僅允許移動需要被移動的方塊。
- 機器人不可移動其他方塊。
- 機器人必須返回起始區以獲得額外的分數。

競賽結束:

- 競賽將在以下情形結束比賽且停止計時:
 - 競賽時間結束
 - 隊伍成員碰觸了機器人
 - 隊伍成員碰觸了場地底圖、邊牆或是競賽道具
 - 機器人將競賽道具放至競賽場地外或機器人開至場地外
 - 機器人或隊伍成員損壞場地或競賽道具(盒子、方塊)
 - 機器人正投影完全在起始區內(電線可在區域外)
- 請注意，根據上述規則，隊伍可以結束比賽 (例如，通過觸摸場牆或執行以上任何規則)。但是，他們將無法在停止後繼續嘗試，比賽將結束。

5. 得分計算

每回合結束後開始計算分數。

每個階段的回合最高得分：

- 資格賽是 95 分
- 決賽是 190 分

計分表內，方塊位置有 3 種：

- 若方塊的正投影完全在箱子上的灰格子內 - 該方塊判定為完全在區域內
- 方塊被判定為部分在區域內的情況如下：
 1. 若方塊的正投影有部分接觸箱子上的白色區域，且部分接觸灰格子，此情形為第一級部分在區域內。
 2. 若方塊的正投影有部分接觸箱子上的黑色區域，且部分接觸灰格子，此情形為第二級部分在區域內。
 3. 若方塊的正投影有部分在箱子上的黑色區域之外，且部分接觸灰格子，此情形為第三級部分在區域內。
- 若方塊的正投影完全在箱子上灰格子外 – 該方塊判定為完全在區域外。

機器人在起始區內的判定有三種情況：

- 若機器人的正投影(不包含電線)完全在起始區包圍的方型區域內- 判定機器人完全在起始區內。

- 若機器人正投影的任何部分(不包含電線)超出起始區包圍的方型區域外但仍有部分在起始區內- 判定機器人部分在起始區內。

附錄 D 中有關於 “在區域中” ， “部分在區域中” 和 “在區域外” 的圖示。

	條件	資格賽回合		決賽回合	
		分數	合計總分	分數	合計總分
1.	拿取方塊 。僅有競賽敘述 2.1,2.3 和 2.5 中的方塊才列入得分				
1.1.	規則要求的箱子上，需被移動的方塊完全離開初始位置，且另外 3 個不需移動的方塊完全在初始位置內	5	15	10	30
1.2.	規則要求的箱子上，非需要移動的方塊完全離開初始位置，且另外 3 個方塊完全在初始位置內	1	3	2	6
1.3.	規則要求的箱子上，任一方塊部分在初始區域內，且另外 3 個方塊完全在初始位置內	0	0	0	0
1.4.	規則要求的箱子上，至少兩個方塊在初始區域內或完全在區域外	0	0	0	0
2.	放置方塊 。方塊顏色符合箱子顏色。僅有競賽敘述 2.1,2.3 和 2.5 中的方塊才列入得分				
2.1	方塊完全擺放在指定箱子邊線區域內或部分在區域內。且無其他方塊完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。箱子上只有四個方塊。	20	40	40	80

2.2.	方塊擺放在指定箱子邊線區域且為第一級部分在區域內。沒有其他方塊完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。箱子上只有四個方塊。	15	30	30	60
2.3.	方塊擺放在指定箱子邊線區域且為第二級部分在區域內。沒有其他方塊完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。箱子上只有四個方塊。	10	20	20	40
2.4.	方塊擺放在指定箱子邊線區域且為第三級部分在區域內。沒有其他方塊完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。箱子上只有四個方塊。	5	10	10	20
2.5.	方塊完全擺放在指定箱子邊線區域內或部分在區域內。有另一個方塊也完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。	2	4	4	8
2.6.	方塊完全擺放在指定箱子但錯誤的邊線區域內或部分在區域內。且無其他方塊完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。箱子上只有四個方塊。	2	4	4	8
2.7.	方塊完全擺放在指定箱子但錯誤的邊線區域內或部分在區域內。有另一個方塊也完全或部分擺放在同區域內。箱子上其他三個方塊完全在初始區域內。	2	4	4	8
2.8.	方塊擺放在箱子任一邊線上，且完全在或部分在區域內。同一個箱子上至少有一個方塊完全在區域外或部分在另一個區域內	0	0	0	0

2.9.	方塊擺放在箱子任一邊線上，且完全在或部分在區域內。此外，請參見圖 33、34、35 和 36，從放置在前一個箱子上的初始位置將方塊的方向旋轉 90 度，以使孔朝上。	5	10	10	20
3.	將方塊放至起始區內				
3.1.	從第三個箱子上拿取的方塊(規則 2.5 中所述，不論哪一個邊)正投影完全在起始區圍成的方型區域內	10	10	20	20
4.	額外加分.規則 2.1, 2.3 和 2.5 所述的第一、第二和第三個箱子				
4.1.	第一個箱子上只有三個相同顏色的方塊。第二個箱子上有一個與箱子顏色相同的方塊，且完全或部分在區域內。第三個箱子上有一個與箱子顏色相同的方塊，且完全或部分在區域內。剩下個兩個箱子上有四個方塊且完全在初始區域內。每個箱子上都沒有兩個相同顏色的方塊在同個區域內	5	5	10	10
5.	停止在起始區				
5.1	機器人部分在起始區內。要求的箱子上(不論哪一邊)至少有一個方塊完全在區域外。箱子上的另外三個方塊完全在初始區域內	5	5	10	10
5.2.	機器人完全在起始區內。要求的箱子上(不論哪一邊)至少有一個方塊完全在區域外。箱子上的另外三個方塊完全在初始區域內	15	15	30	30

6. 場地說明

- 競賽桌台:
 - 方型桌台 (2400 × 2400 × 200 mm) (+/- 5 mm). 內側高度 200 mm
 - 場地顏色為白色,邊牆內緣、外緣顏色為黑色
 - 邊牆厚度 50 mm.
 - 座標方格尺寸(115 x 115 mm) (+/- 2 mm).
 - 桌台有座標方格幫助裁判擺放箱子。但是機器人不可以使用格點來循跡。線條尺寸為 1mm 或更細。顏色為淺灰色 PANTONE Cool Gray 5 C, RGB (177 179 179)
 - 如圖 7 所示，放置了線條條紋。線條的粗細和顏色與十字相同。
 - 座標將由字母標示，也是 QR-code 內會顯示的座標資訊。請見圖 9。
 - 機器人不可使用字母來定位，因為字母僅可用來幫助裁判擺放場地。

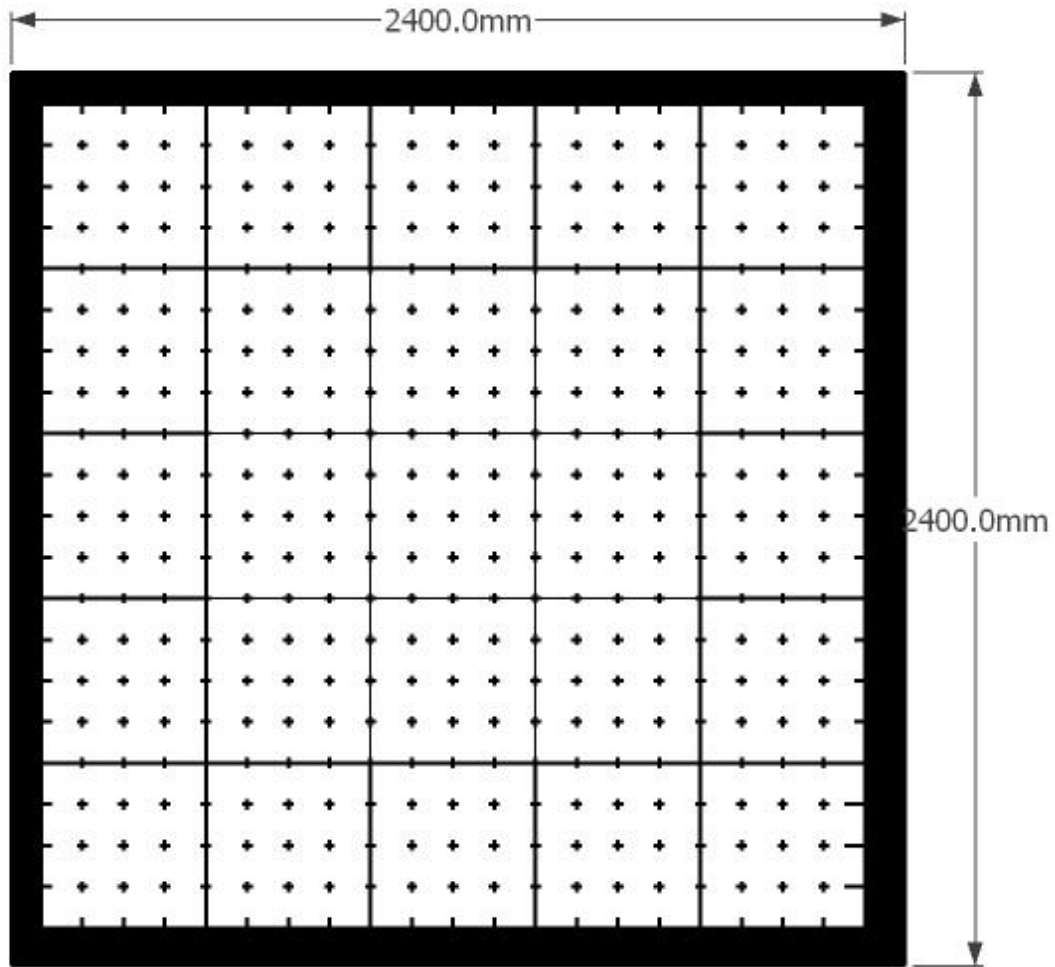


圖 7.場地尺寸

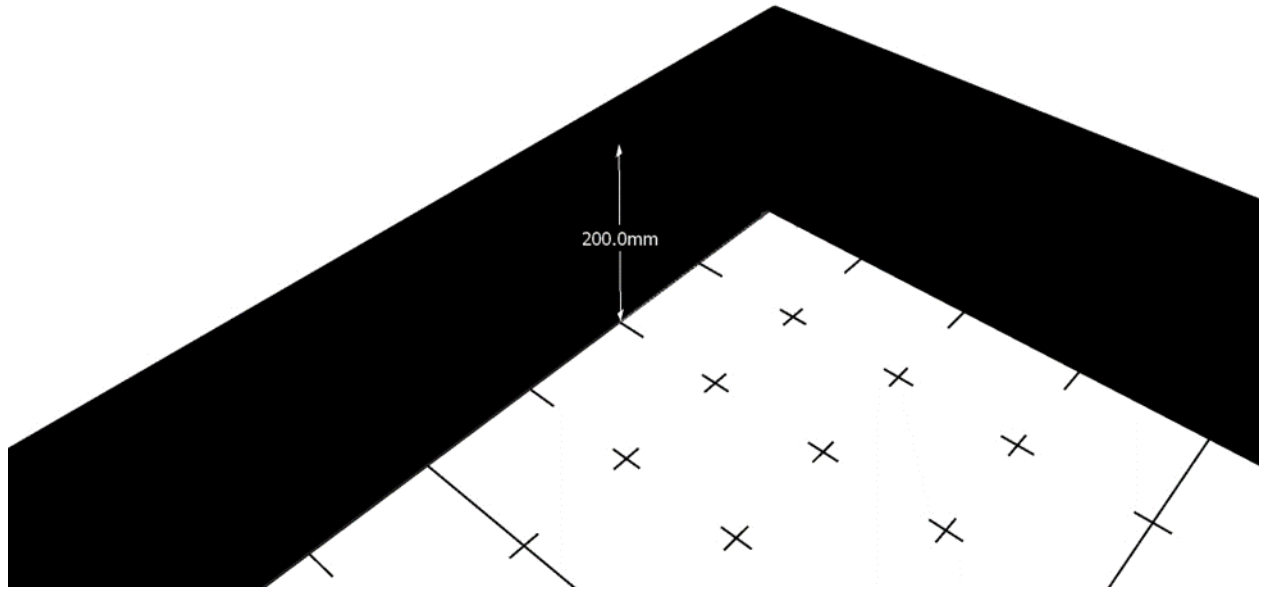


圖 8. 內牆尺寸

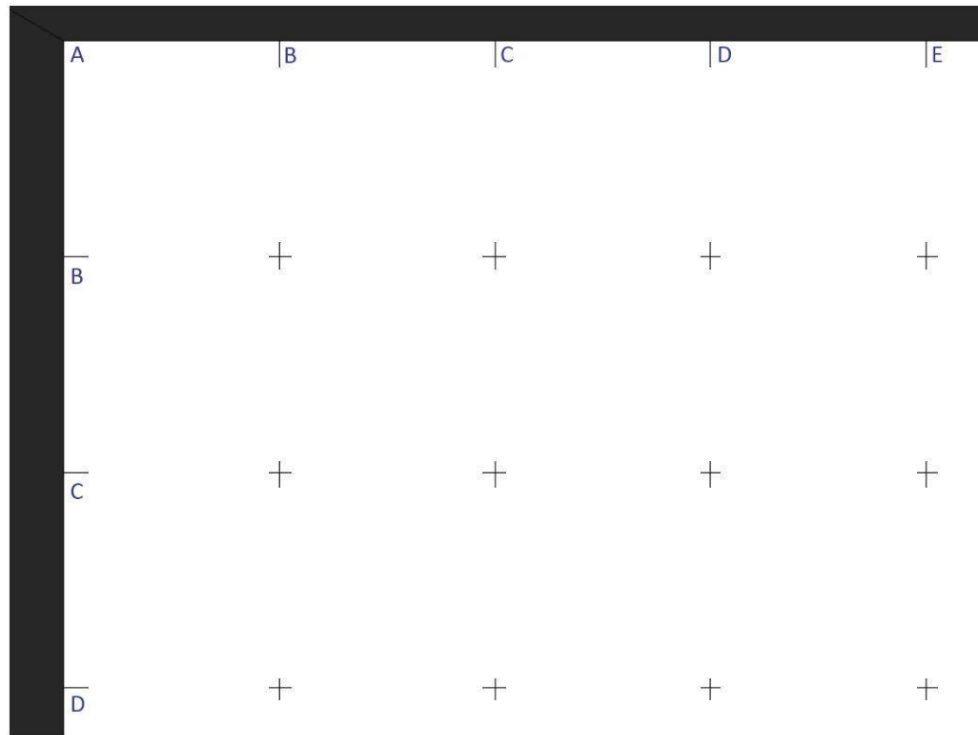


圖 9. 座標字母如圖示

- 起始區:
 - 一邊開放的中空立體方塊 (362 × 379 × 345 mm) (+/- 5 mm).
 - 立方體內徑尺寸 (345 × 345 × 345 mm).
 - 起始區為白色的
 - QR-code (僅在資格賽) 依照敘述由 <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/> 產生
 - QR-code 的尺寸是 (60 x 60 mm) 。
 - QR-code 擺放位置如圖 14 。
 - QR-code 擺放的位置將會畫細線標記，以幫助裁判放置。

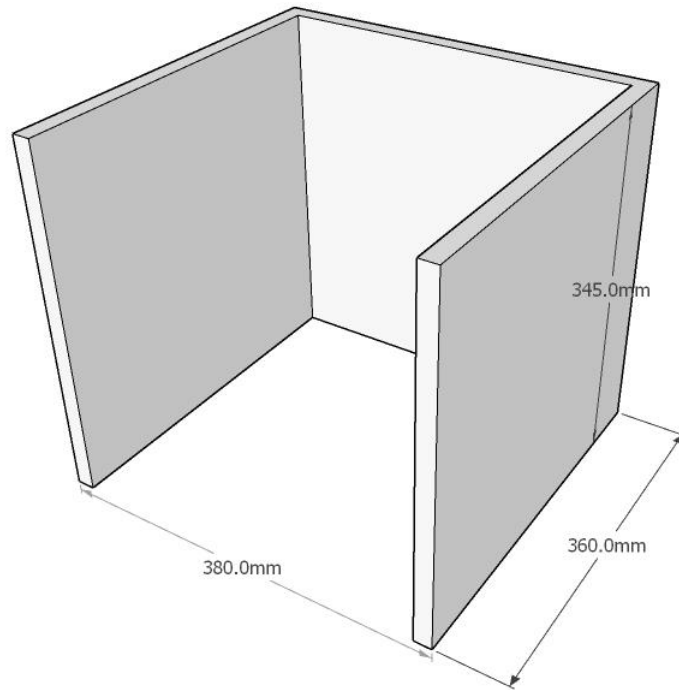


圖 10. 起始區的尺寸

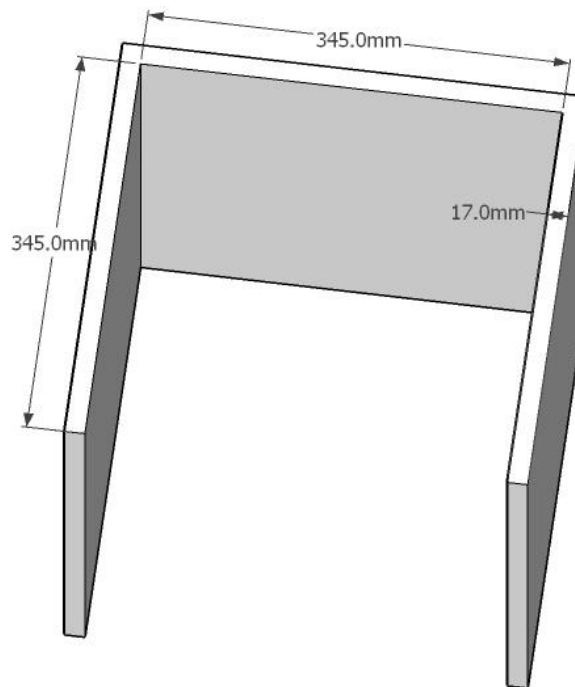


圖 11. 起始區的內徑尺寸

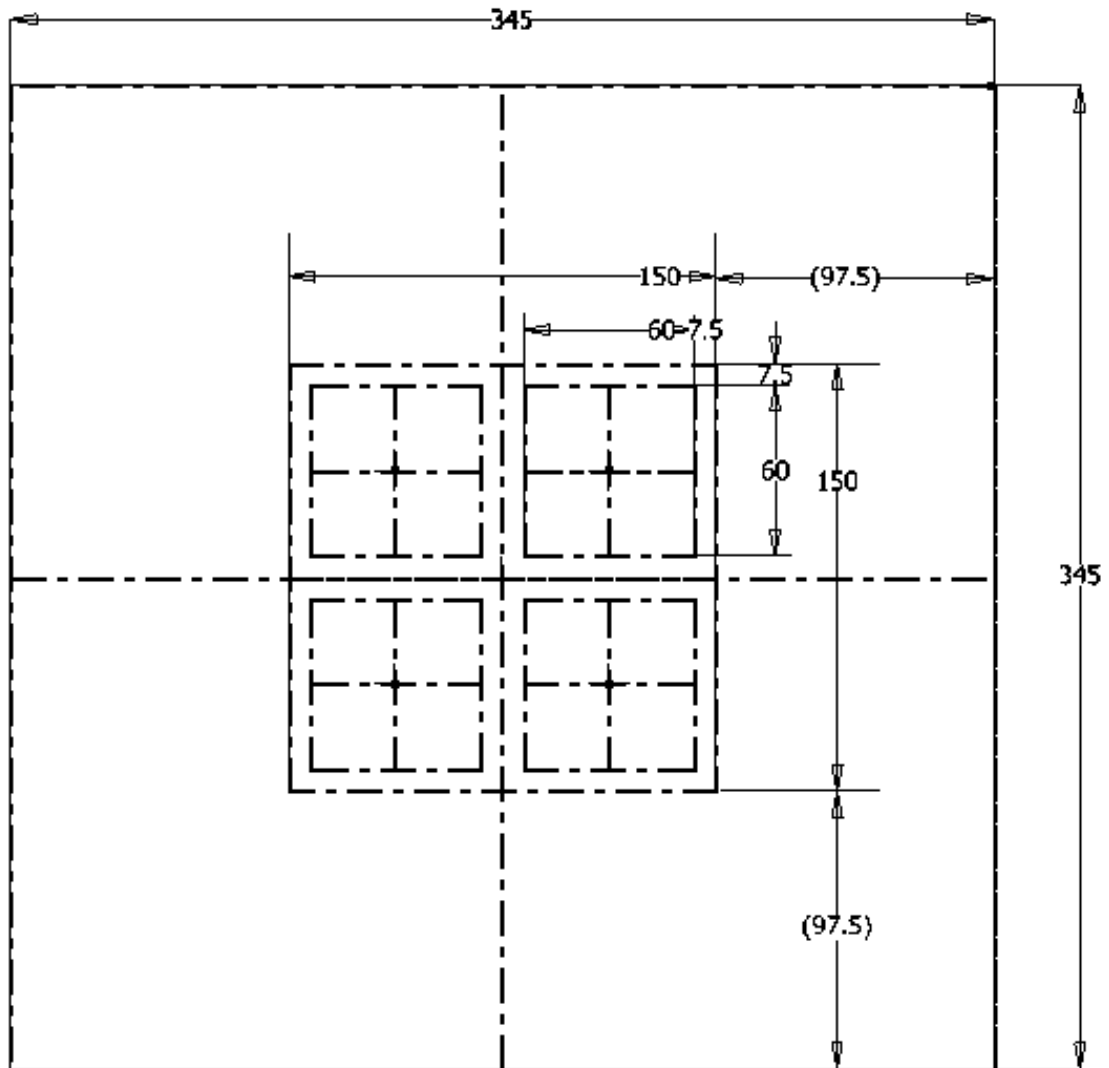


圖 12. 資格賽及決賽 QR-code 在起始區內的確切位置

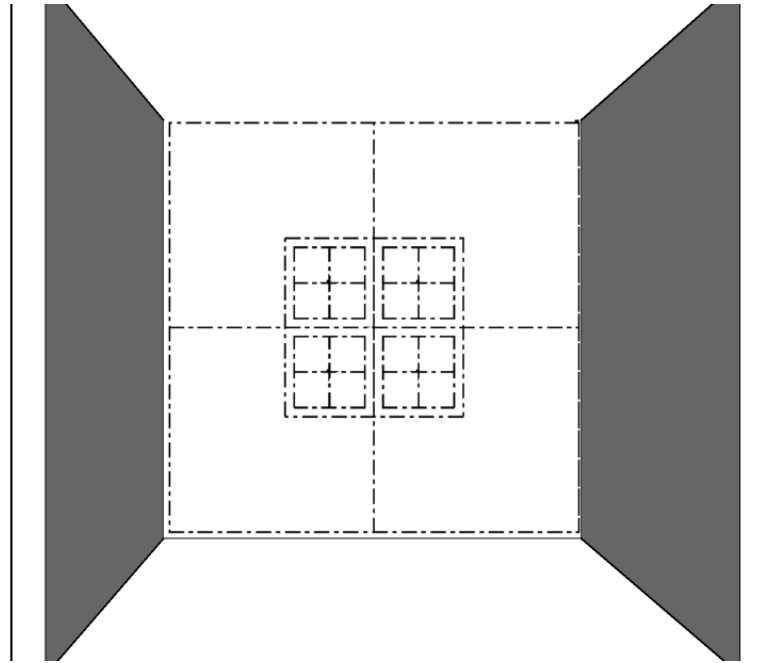


圖 13. QR-code 在起始區內的位置

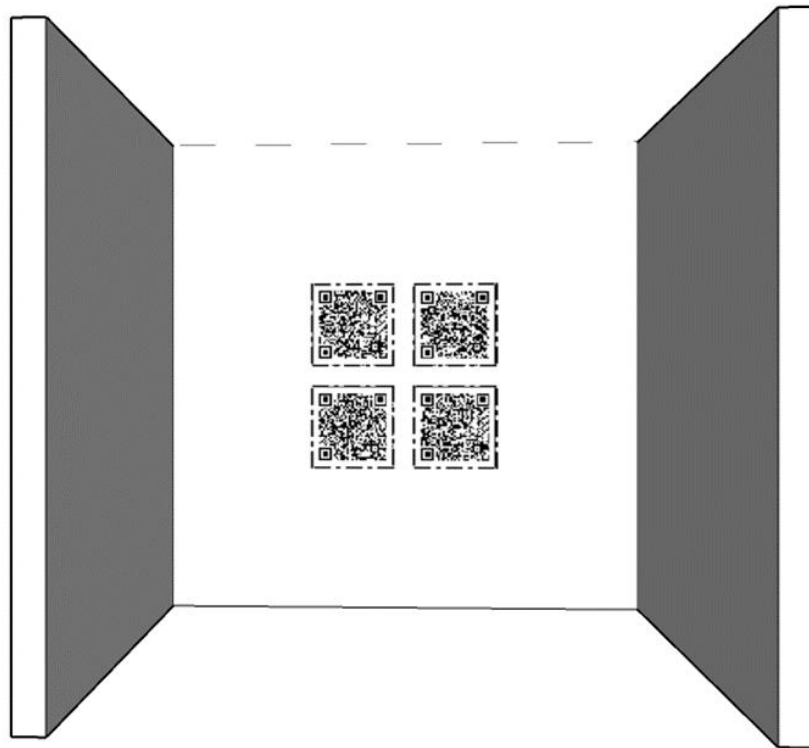


圖 14. QR-code 在起始區內的位置示意圖

- 箱子:
 - 實心方塊 (230 × 230 × 200 mm) (+/- 2 mm)。
 - 競賽桌台上有 5 個箱子。箱子的顏色有：
 - 藍色, PANTONE Blue 072 C, RGB (16, 6, 159)。
 - 紅色, PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55)。
 - 綠色, PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44)。
 - 橘色, PANTONE Bright Orange C, RGB (254, 94, 0)。
 - 黃色, PANTONE 803 C, RGB (254, 233, 0)。
 - 箱子的材質為木頭。
 - 每個箱子的頂部都有 4 個正方形區域，為方塊的放置區域。每個正方形區域由 3 個內部區域組成：灰色 (RGB [86, 86,86])，白色 (RGB [255, 255,255])，黑色 (RGB [0, 0,0])。
 - 箱子上有與方塊相同尺寸的方形導引線標示方塊擺放的正確位置。
 - 方形區域的尺寸請參見圖 16。
 - 箱子的位置可見附錄 A。
 - 每個箱子與邊牆的最小距離為 2300 mm。

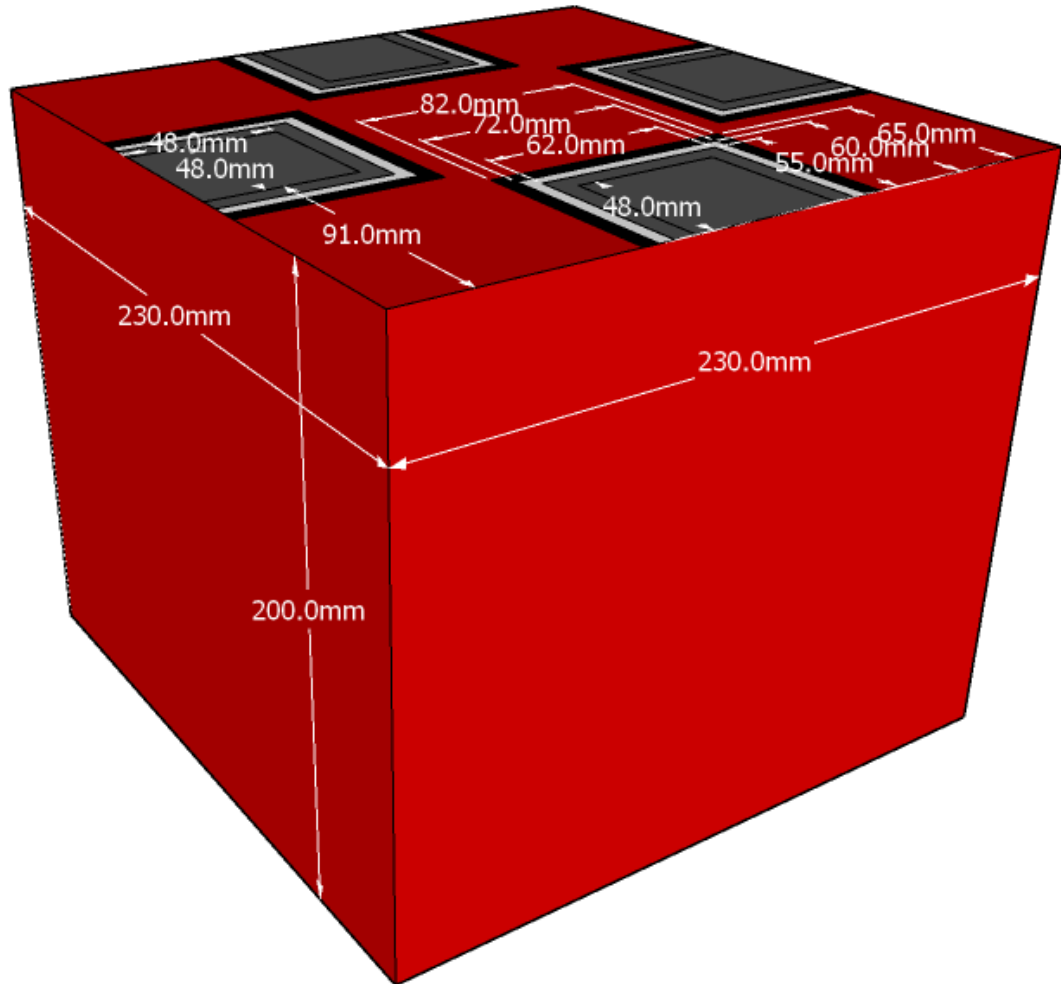


圖 15. 箱子的尺寸

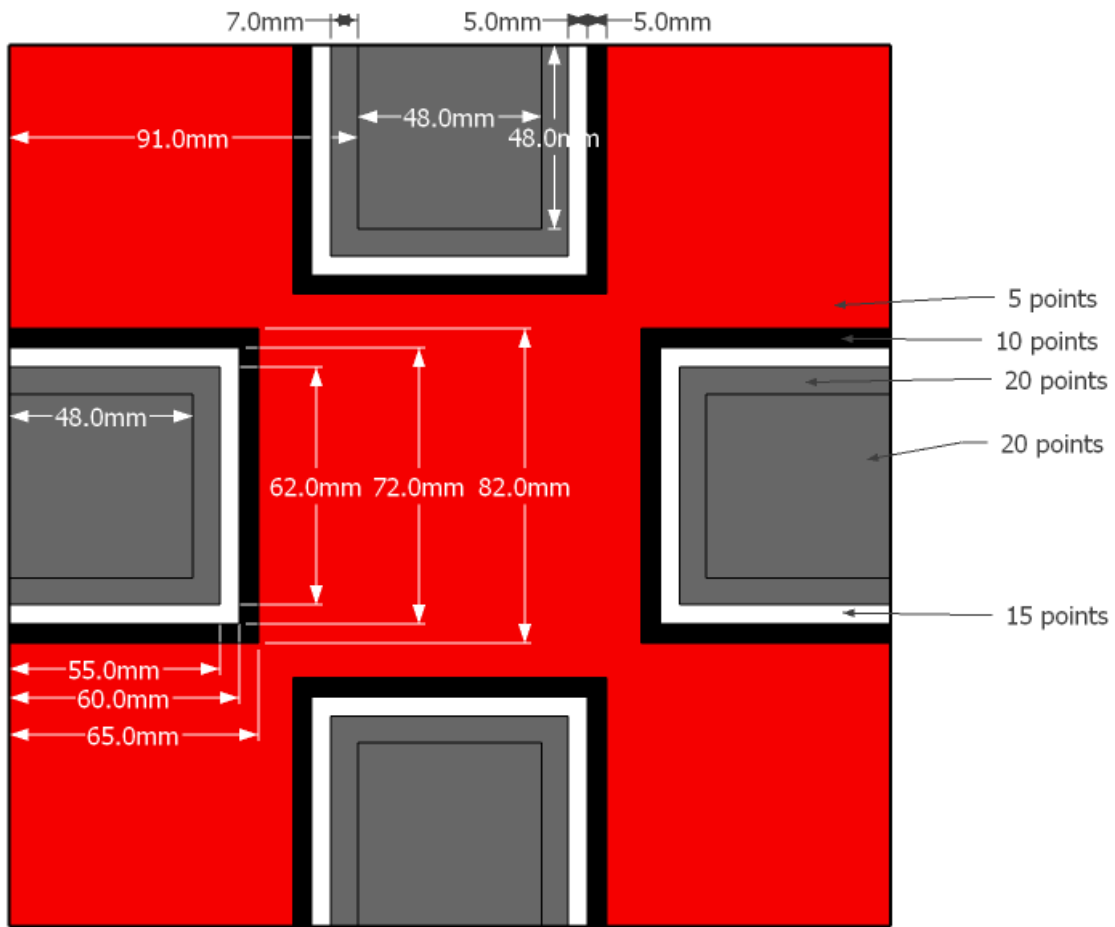


圖 16. 箱子頂部區域的尺寸

- 方塊:
 - 實心方塊 (48 × 48 × 48 mm) (+/- 2 mm) 中央有直徑 (Ø 15 mm +/- 1 mm) 的中空圓柱貫穿方塊。
 - 每個箱子上有 4 方塊。
 - 方塊的顏色有：
 - 藍色, PANTONE Blue 072 C, RGB (16, 6, 159)。
 - 紅色, PANTONE 1795 C, RGB (238, 39, 55)。
 - 綠色, PANTONE 802 C, RGB (68, 214, 44)。
 - 橘色, PANTONE Bright Orange C, RGB (254, 94, 0)。
 - 黃色, PANTONE 803 C, RGB (254, 233, 0)。
 - 方塊的材質是木頭。
 - 方塊的尺寸如圖 17 所示。

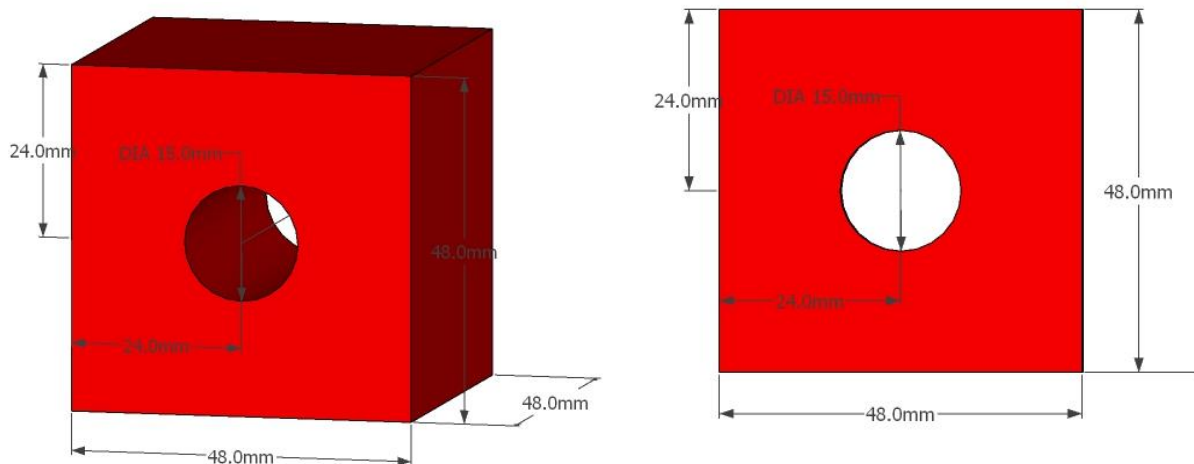


圖 17. 方塊的尺寸

7. 附錄 A

箱子的可能位置:

- 箱子將依照場地上的座標擺放
- 需被移動的方塊前方會有一自由空間，以確保機器人可接觸到方塊
- 自由空間為一(460 × 460 mm)方塊。
- 該自由空間將不會有任何的場地道具
- 該自由空間無顏色。

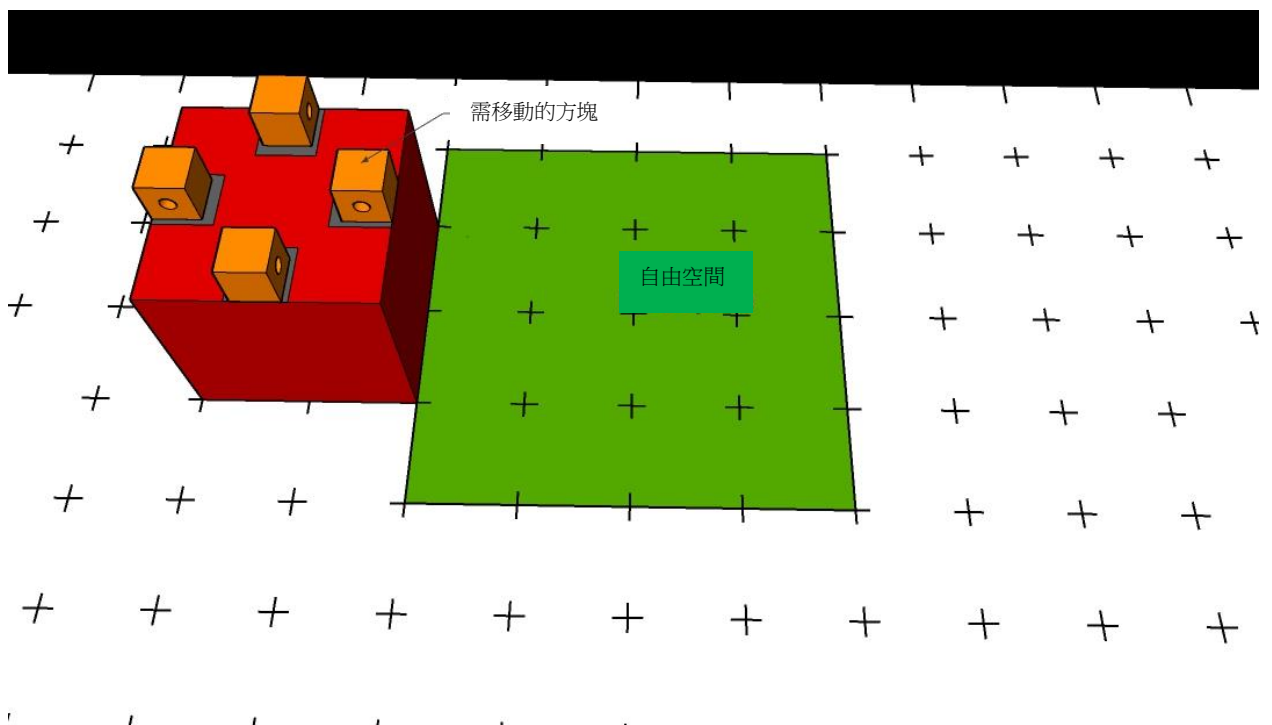


圖 18. 箱子的正確位置

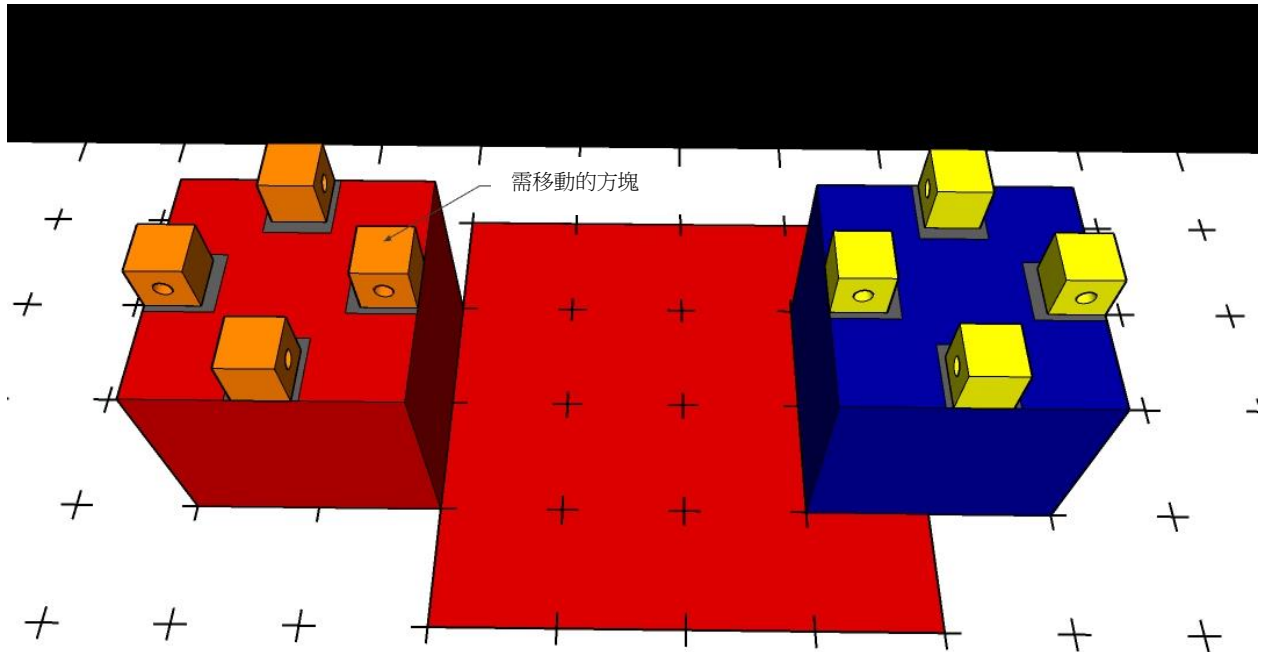


圖 19. 箱子的錯誤位置

8. 附錄 B

起始區的可能位置

- 起始區將依照場地上的座標擺放。
- 起始區的位置不一定會與邊牆平行。將由起始區的右上角和右下角內側來擺放。
- 注意最近的座標可畫出 6 條虛擬線。並且，起始區的內緣與其中之一的虛擬線對齊。見圖 20。
- 起始區的開口處會有一自由空間以確保機器人可離開起始區。
- 自由空間為兩個直徑(\varnothing 920 mm)圓重疊的區域，第一個圓的圓心為起始區的右上角而第二個圓的圓心為起始區的左上角。
- 自由空間內沒有任何其他場地物件在其中。
- 自由空間沒有顏色。
- 起始區應放置在機器人無法看到任何箱子的位置上。如圖 23 和圖 24，黃色區域是機器人從起始區內看出來的視線範圍。若將箱子放在該區域內是錯誤的。

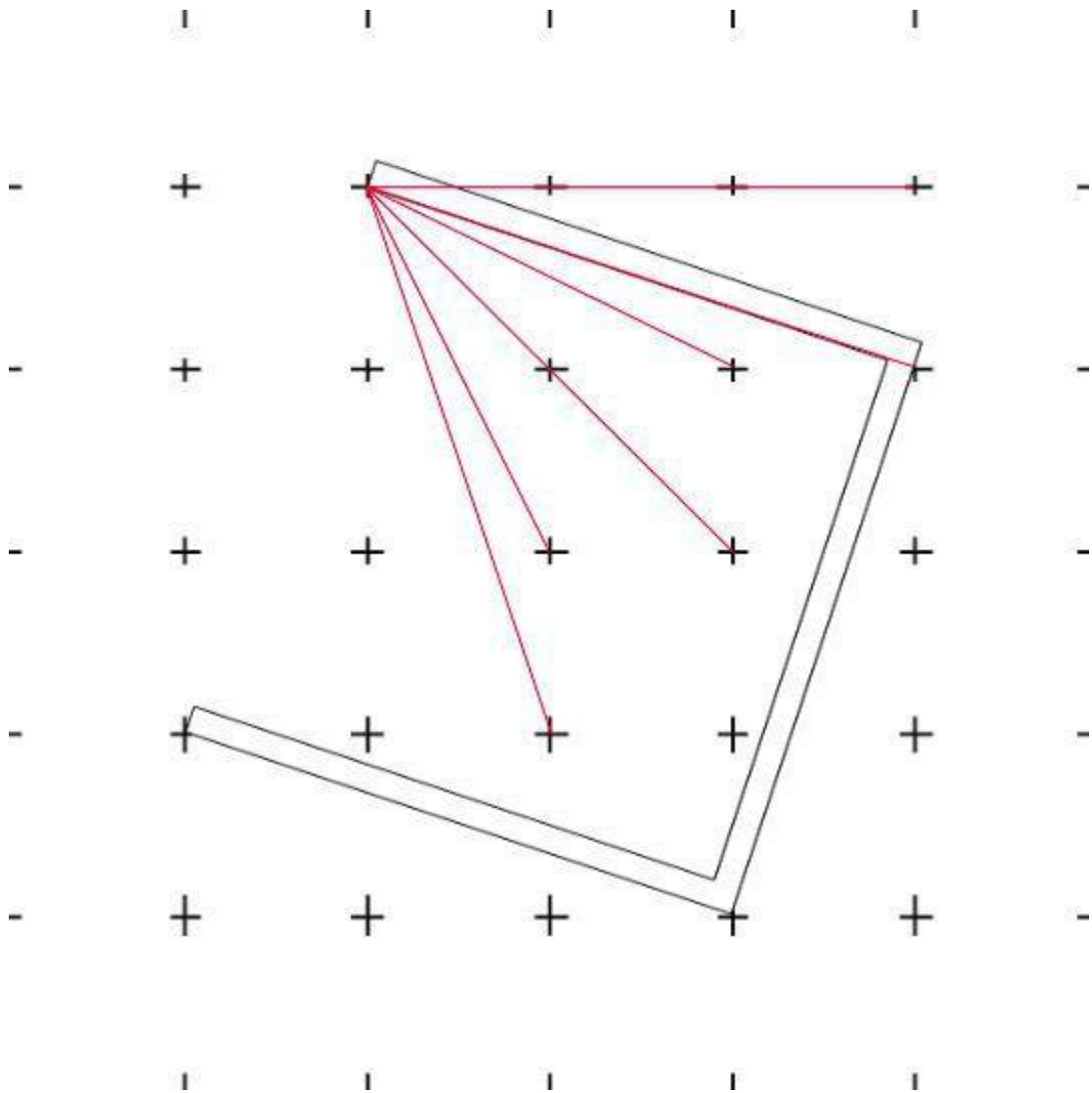


圖 20. 起始區的位置如圖所示

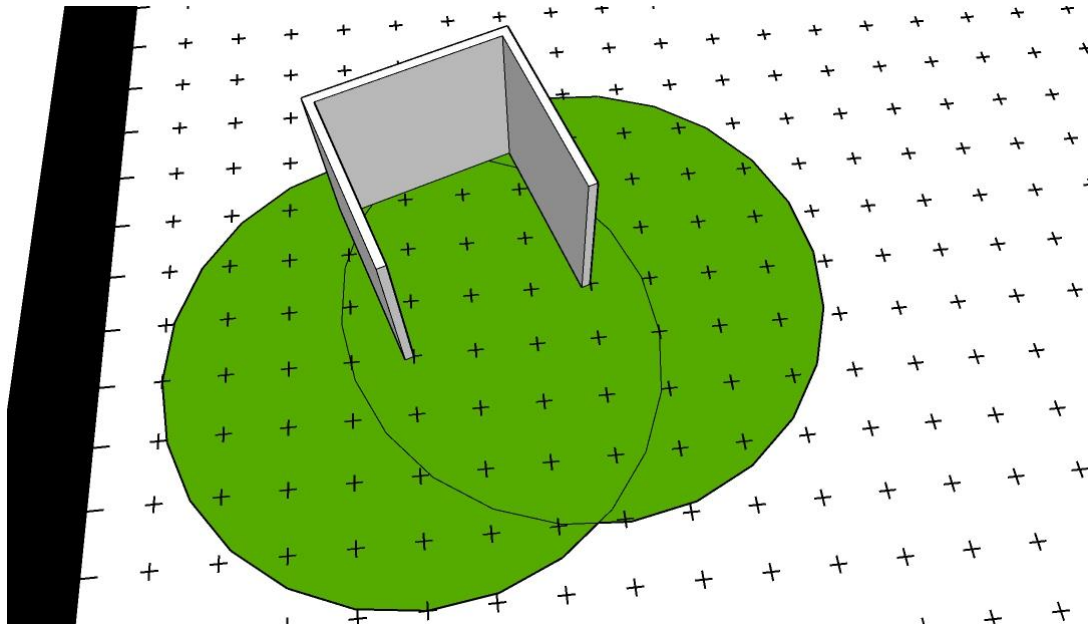


圖 21. 起始區的正确位置

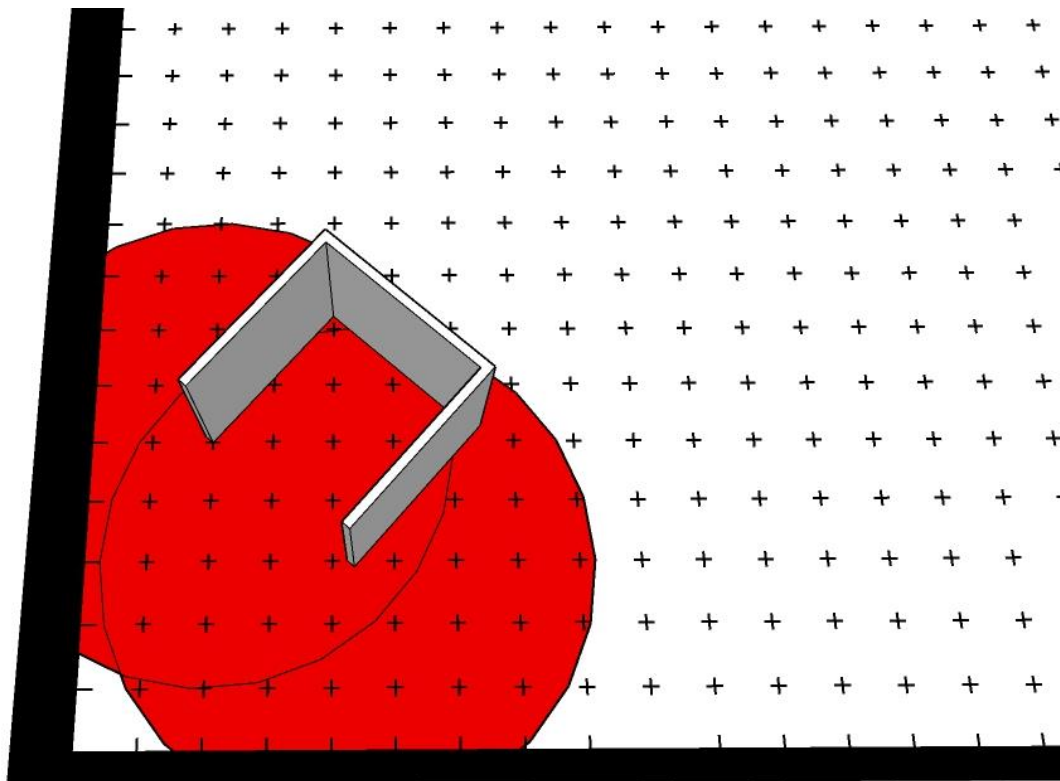


圖 22. 錯誤的起始區位置

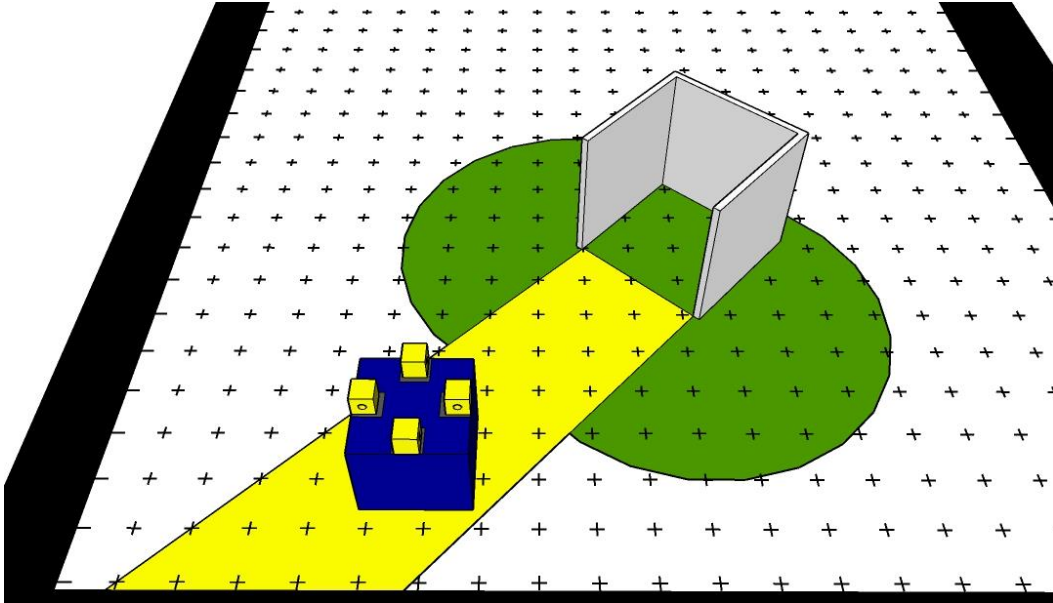


圖 23. 錯誤的起始區位置

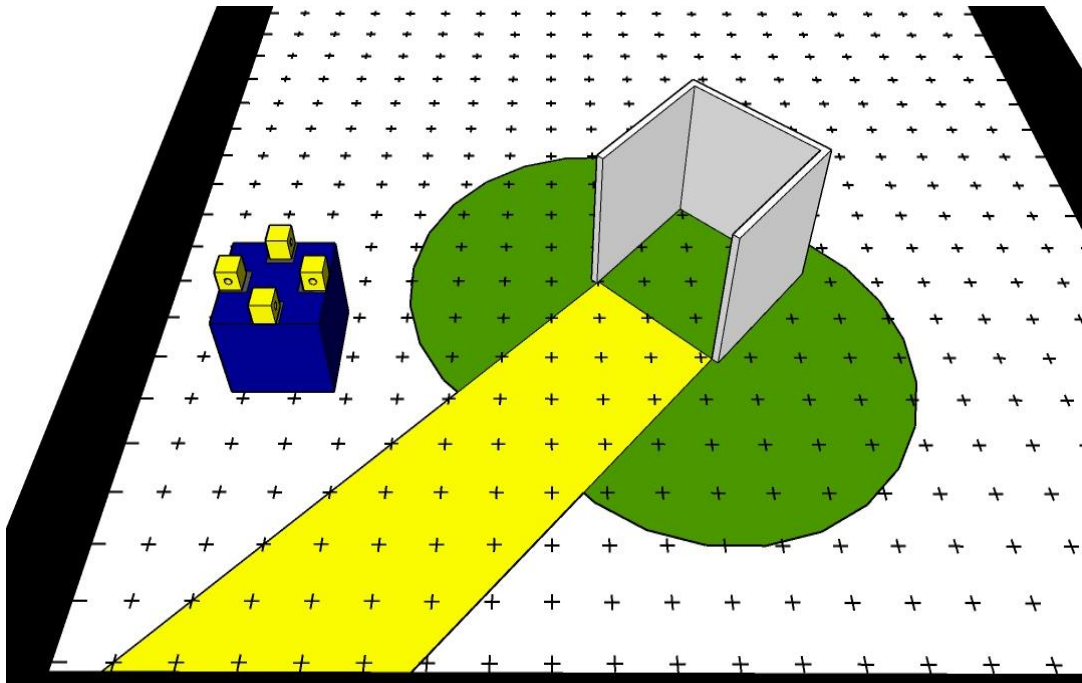


圖 24. 正確的起始區位置

9. 附錄 C

競賽物件的可能位置和相對應的 QR-codes

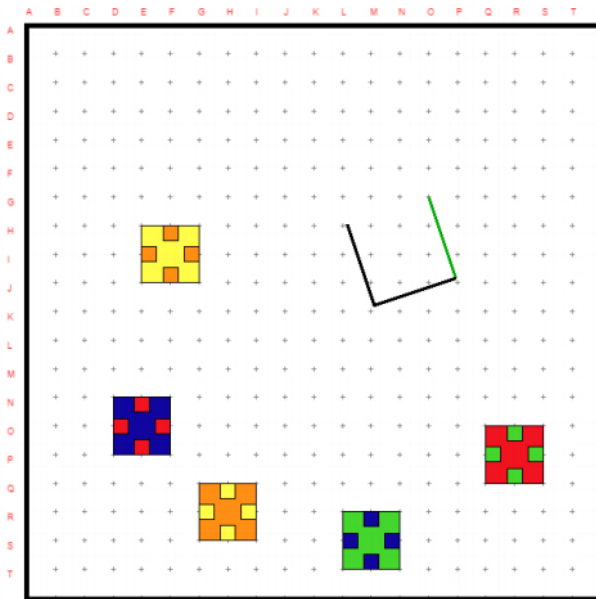


圖 25. 物件位置: (O,G,P,J)(E,H,G,J)(D,N,F,P)(I,Q,G,S)(Q,O,S,Q)(L,R,N,T)

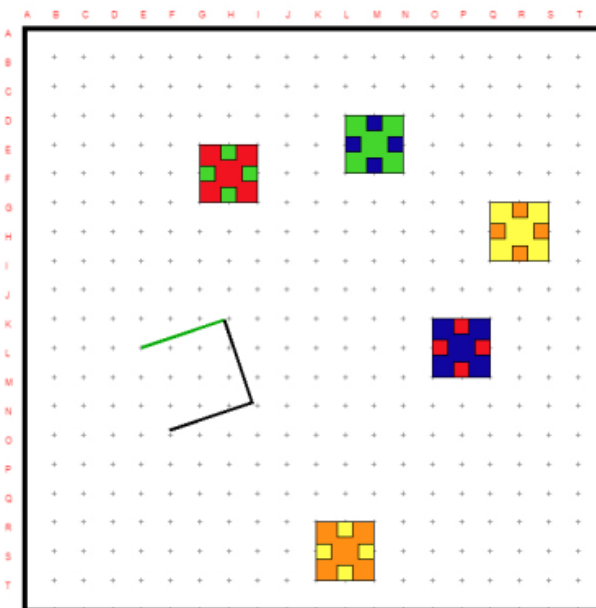


圖 26. 物件位置: (E,L,H,K)(L,D,N,F)(O,K,Q,M)(M,R,K,T)(I,E,G,G)(S,G,Q,I)

在決賽中，競賽物件和相應 QR-code 的可能位置

在以下部分中，有 4 個 QR-code，其中只有一個與圖 27 中的正確競賽場地相對應，其他 QR-code 是偽造的，它們與正確的 QR-code 不同。沒必要將正確的 QR-code 放置在特定位置（例如，QR-code 位置的左上角），這意味著正確的 QR-code 相對於圖 12、13 和 14 中的尺寸隨機放置。請注意，無論箱子的顏色如何，圖 28.2、28.3 和 28.4 中的灰色正方形均被視為箱子的假坐標。

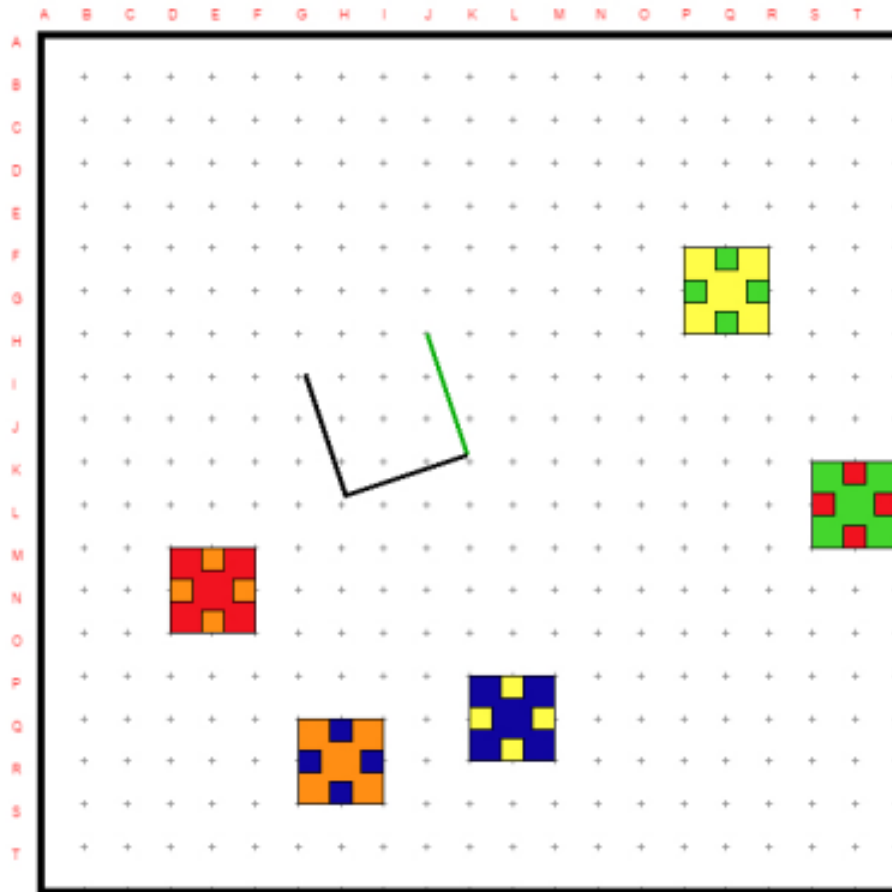


圖 27.正確的物件位置: (J,H,K,K)(K,P,M,R)(F,M D,O)(P,F,R,H)(S,K,U,M)(I,Q,G,S)



圖 28.1.正確的 QR-code: (J,H,K,K)(K,P,M,R)(F,M D,O)(P,F,R,H)(S,K,U,M)(I,Q,G,S)

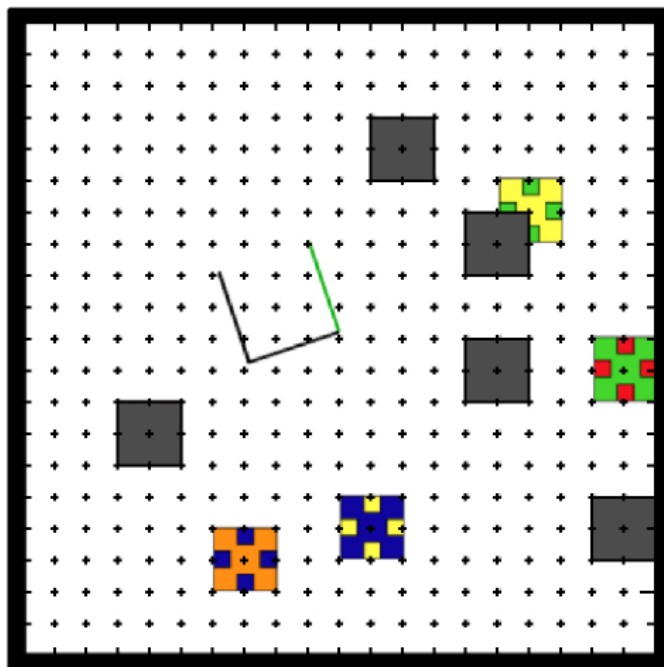


圖 28.2.假的 QR-code: (J,H,K,K)(O,K,Q,M)(F,M,D,O)(O,G,Q,I)(L,D,N,F)(U,P,S,R)

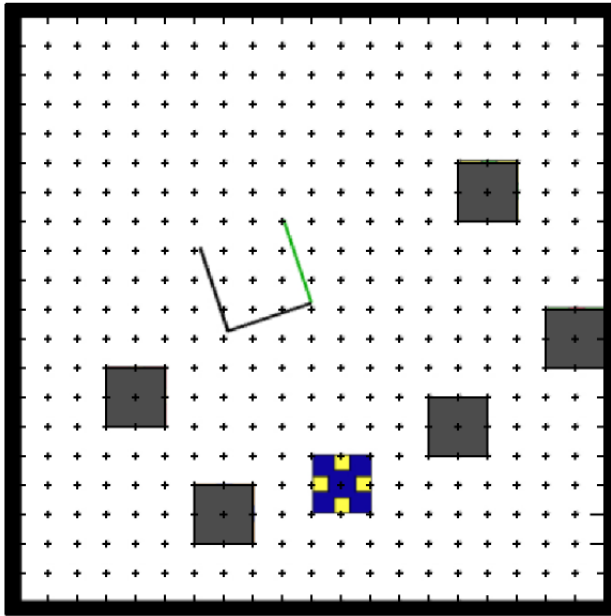


圖 28.3.假的 QR-code: (J,H,K,K)(Q,N,O,P)(F,M,D,O)(P,F,R,H)(S,K,U,M)(I,Q,G,S)

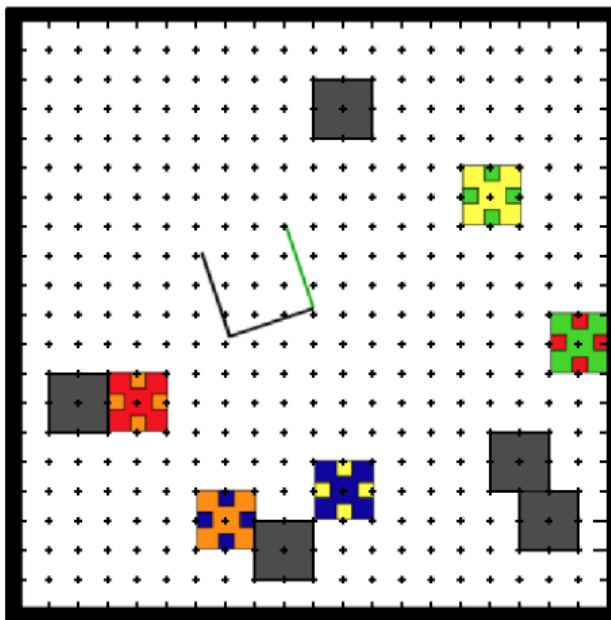


圖 28.4.假的 QR-code: (J,H,K,K)(R,Q,T,S)(K,C,M,E)(S,O,Q,Q)(I,R,K,T)(D,M,B,O)

10. 附錄 D

方塊的位置：

完全在區域內：

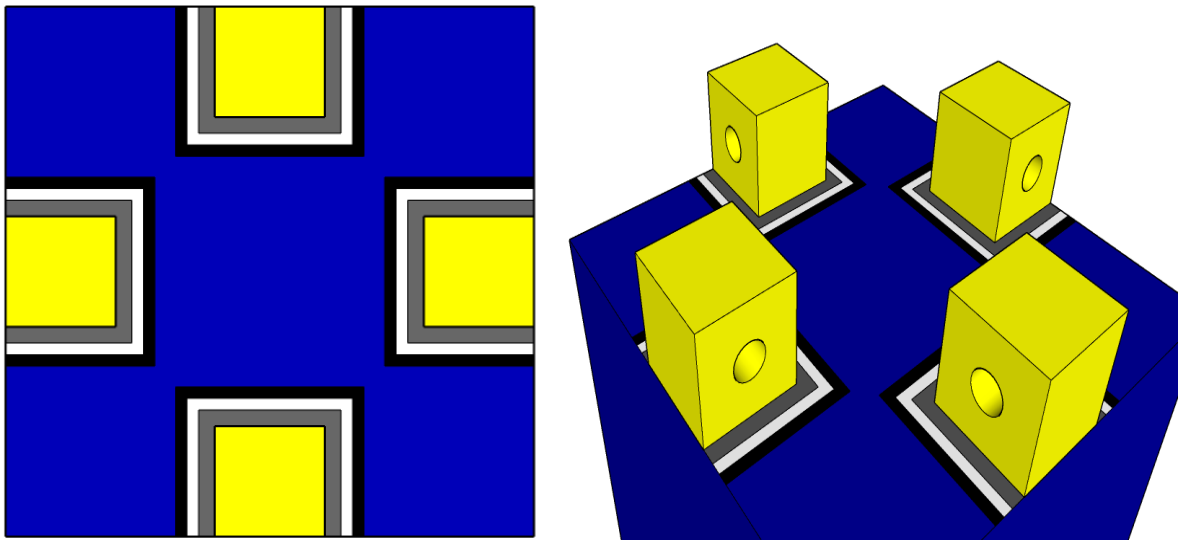


圖 29.方塊完美的被放置於箱子頂端

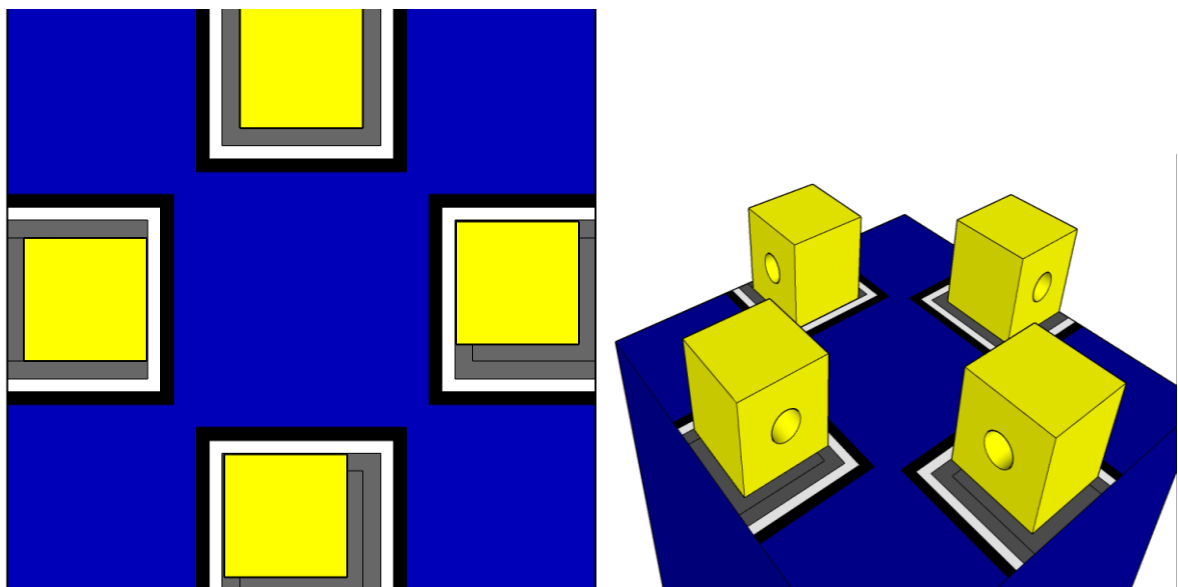


圖 30.全部的方塊都被放置於區域內

部分在區域內：

若方塊的正投影有部分在灰色區域外，且有部分正投影在灰色區域內，即為部分在區域內，如圖所示。

1. 若方塊的正投影有部分接觸箱子上的白色區域，且部分接觸灰格子，此情形為第一級部分在區域內。
2. 若方塊的正投影有部分接觸箱子上的黑色區域，且部分接觸灰格子，此情形為第二級部分在區域內。
3. 若方塊的正投影有部分在箱子上的黑色區域之外，且部分接觸灰格子，此情形為第三級部分在區域內。

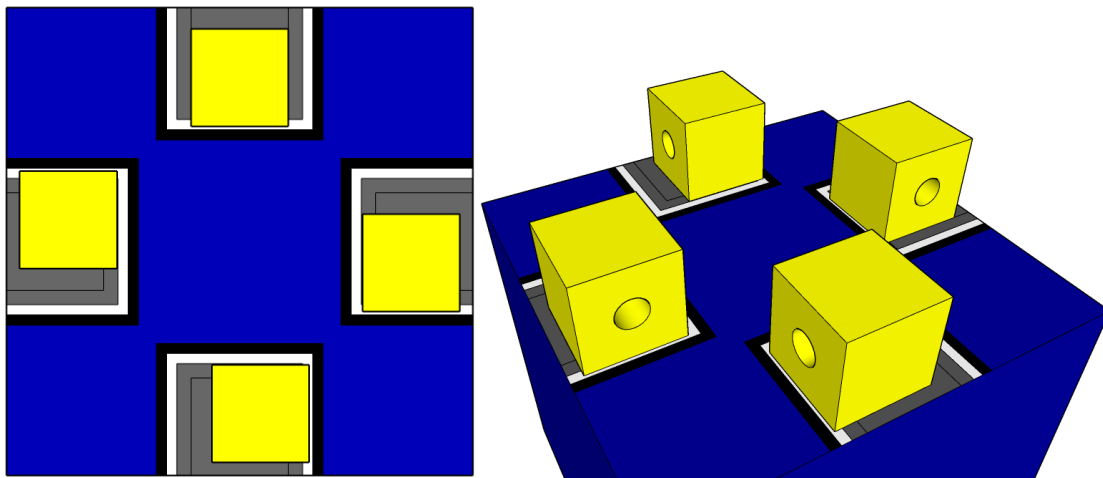


圖 31.1. 四個方塊都被判定為第一級部分在區域內

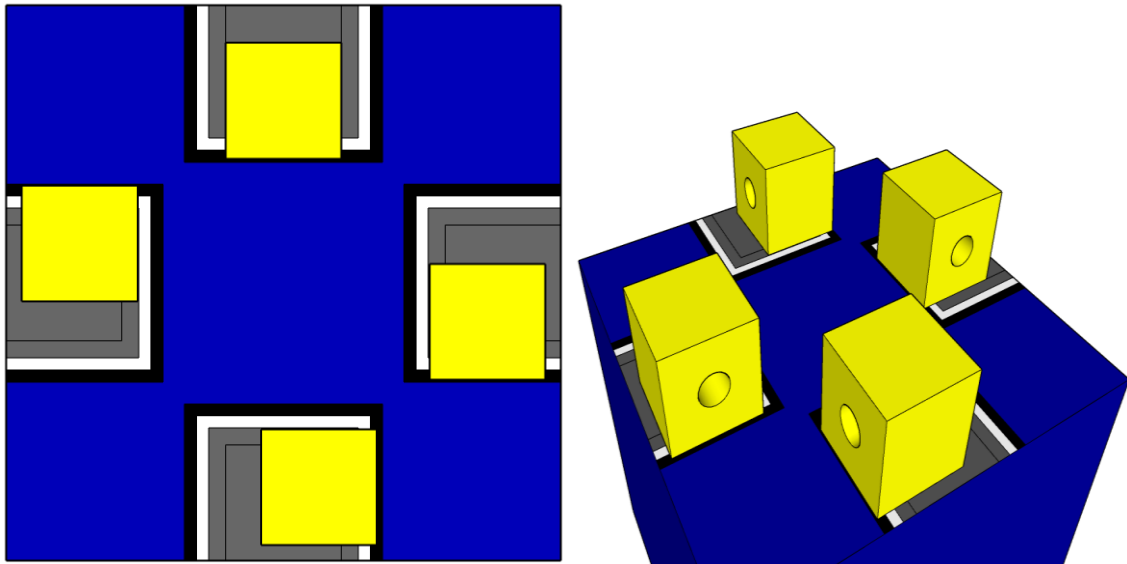


圖 31.2. 四個方塊都被判定為第二級部分在區域內

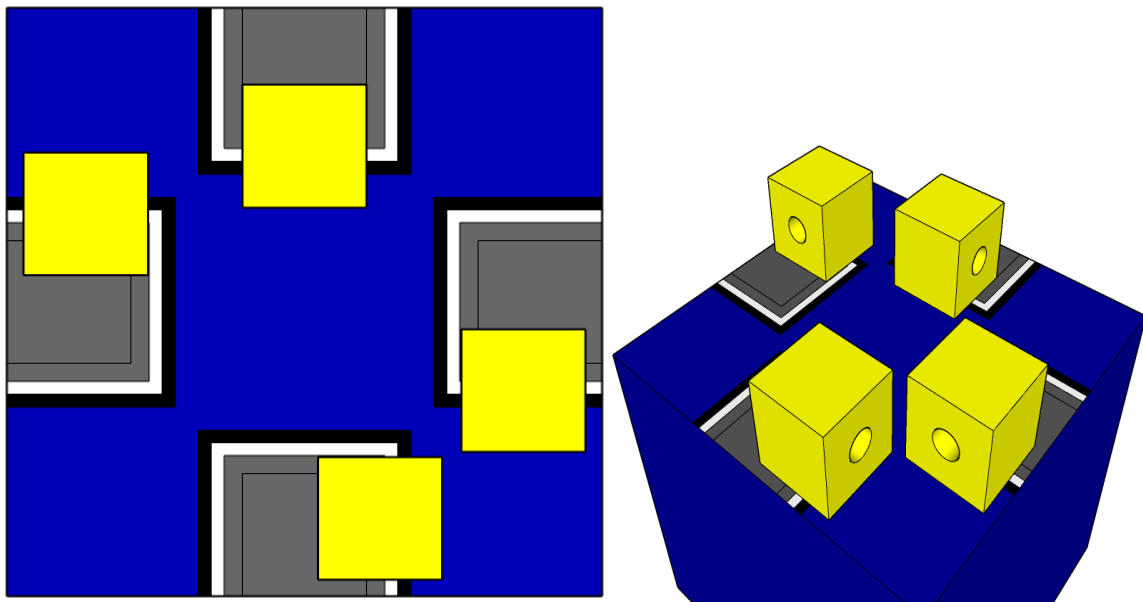


圖 31.3. 四個方塊都被判定為第三級部分在區域內

完全在區域外：

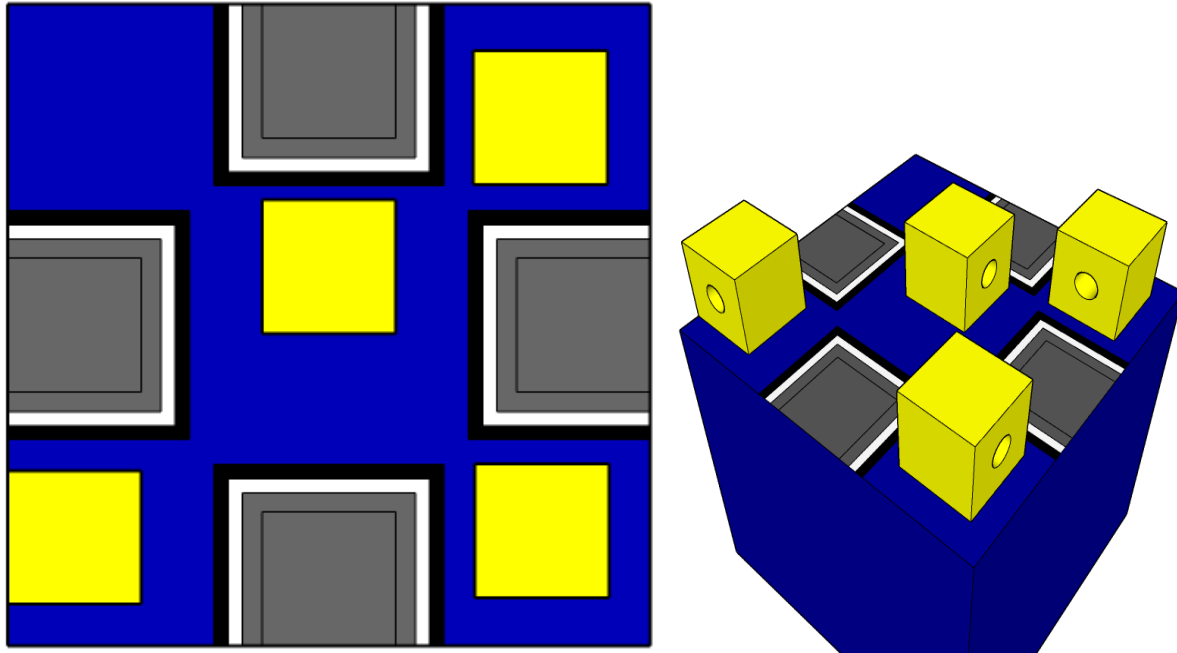


圖 32.四個方塊都在灰色區域外

方塊的方向：

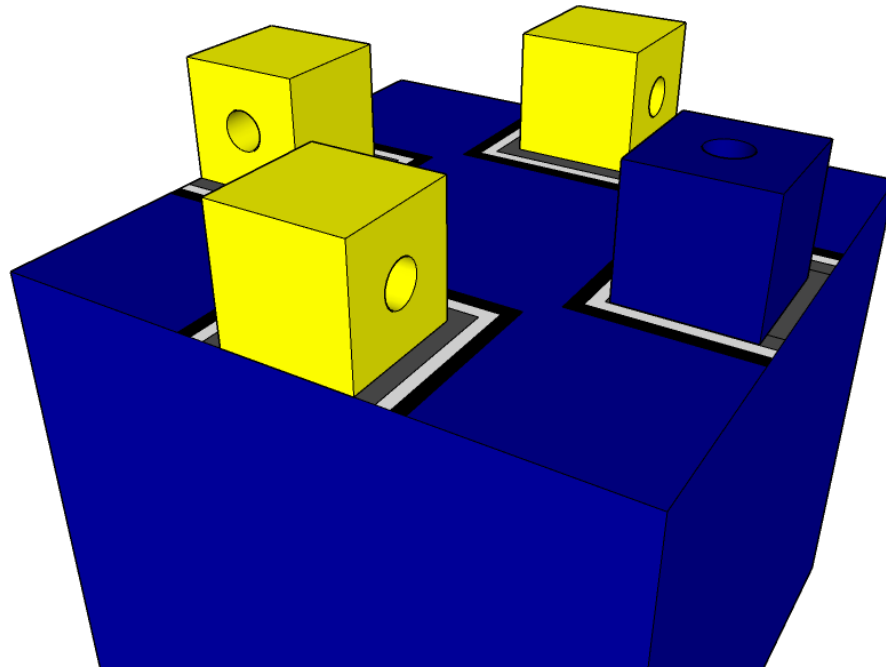


圖 33.若方塊的方向如上圖所示，則可以得到額外加分

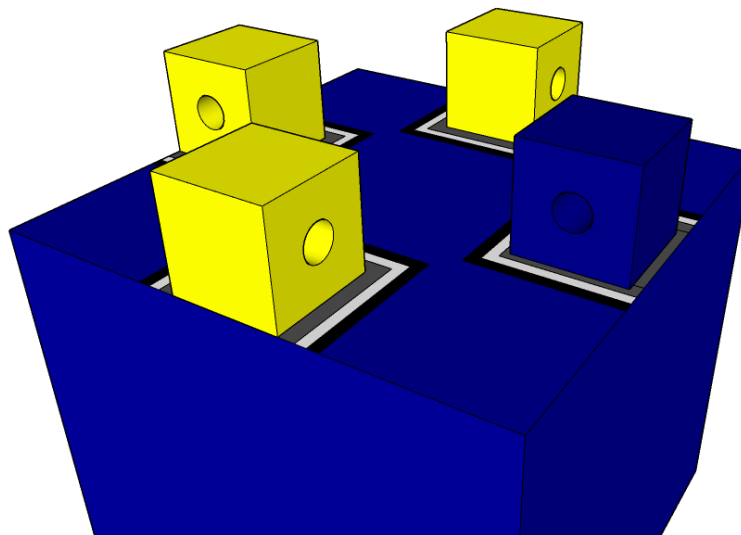


圖 34.若方塊的方向如上圖所示，則無法得到額外加分

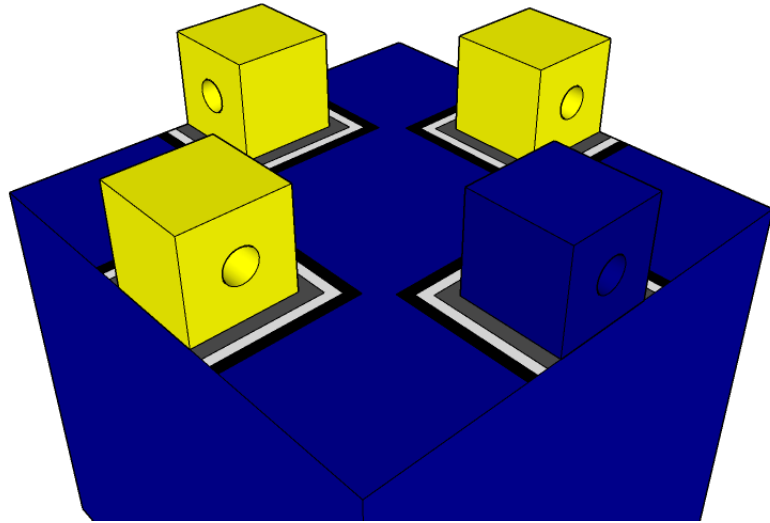


圖 35.若方塊的方向如上圖所示，則無法得到額外加分

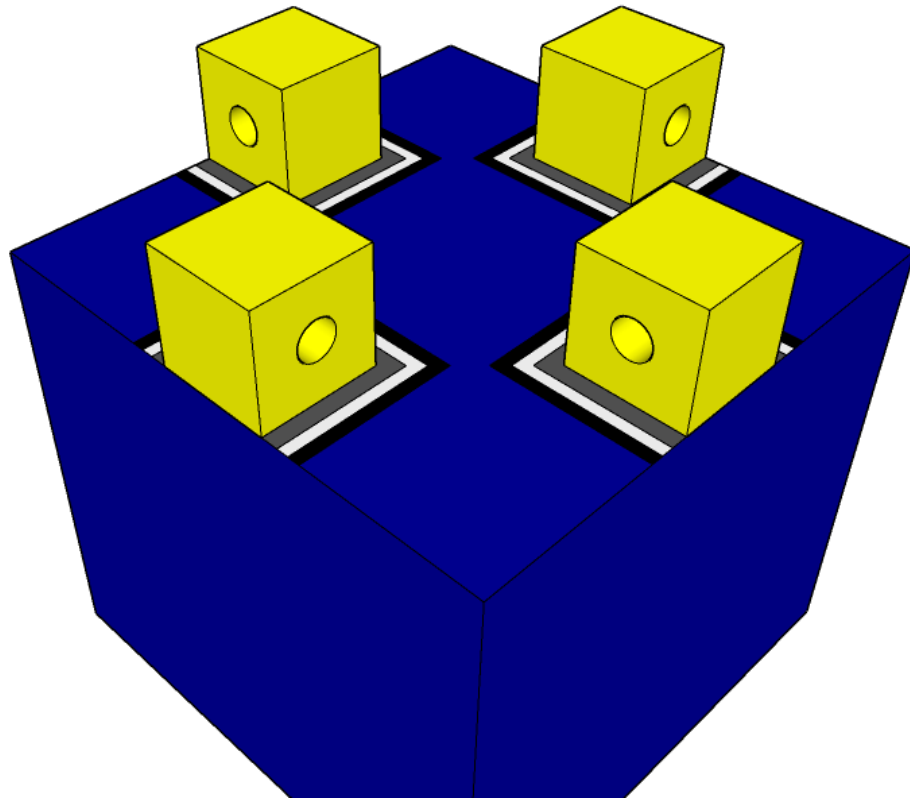


圖 36.方塊的初始位置及方向