作業三

110753201 資科碩一 曹昱維

- ***作業目的：比較 treap 、skip list 、sorted array 與 hash table 。***
  I. *需自行實作上課提到的 hash table（不須保證 perfect hashing）。*
  II. *可假設一開始就知道 n 值，所以 array 初始化大小即可為$\Omega(n)$。*
  III. *若額外實作可以如同 dynamic array reallocation 的 hash table，並與其他資料結構比較，最多加 10 分。*
- ***（30%）在報告中請畫出每種資料結構新增資料所需時間：***
  I. 圖一為四種資料結構在不同的資料量下所需的插入時間紀錄圖，圖二與圖三為圖一的局部放大圖
  II. 原始數據(表一)為五種資料結構分別在不同的數據量時新增資料所需時長紀錄，當時長超過 1 個小時，或是記憶體不足的情況下，就按其在 EXCEL 的趨勢圖公式來推估後續數據(表格中的藍底白字)
     a. Sorted array insertion 估算公式： y = 5E-08*x^2.1136
     b. Treap insertion 估算公式： y = 2E-08*x^1.2901
     c. Skip list_0.5 insertion 估算公式 : y = 2E-10*x^2.289
     d. Hash table insertion 估算公式： y = 2E-06*x^0.9824
  III. 從圖一，圖二，圖三中的結果可以看出:
     a. Hash table 所需的時間最少
     b. 理論上 Hash 插入時間複雜度為 O(1)，但是隨著資料量的成長，Hash 的插入時間卻也跟著提升
     c. Sorted Array 所需的時間遠大於 Hash table 與 Treap，因為在這裡採用的排序方法的時間複雜度是 O(nlogn)，其遠大於 Hash table 的 O(1) 與 Treap 的 O(logn)

- ***（30%）在報告中請畫出每個資料結構搜尋資料所需時間：***
  I. 圖四為四種資料結構在不同的資料量下所需的搜尋時間紀錄圖，圖五為圖四的局部放大圖
  II. 原始數據(表二)為四種資料結構分別在不同的數據量時搜索資料所需時長紀錄，但是在搜索之前筆需要先插入資料，當插入時長超過 1 個小時，或是記憶體不足的情況下，搜索時長就按其在 EXCEL 的趨勢圖公式來推估後續數據(表格中的藍底白字)
     a. Sorted array search 估算公式： y = 0.0102*x^0.1056
     b. Treap search 估算公式： y = 0.0012*x^0.2957
     c. Skip list_0.5 search 估算公式： y = 0.0003*x^0.4769
     d. Hash table search 估算公式： y = 0.0901*x^0.0171
  III. 可以從圖四觀察出，除了 hash table 以外的三種資料結構的搜索時間是符合 O(logn)的趨勢，而 hash table 的搜索時間是符合 O(1)的趨勢

- ***（30%）錄製影片（最長 10 分鐘）解釋你實作 hash table 的程式碼。報告請附影片連結。***
    I. 影片連結: https://youtu.be/fReygphjjeQ

- ***實驗程式碼（含新增與搜尋的程式碼範例）與使用說明。***
    I. 使用說明:
        a. 執行 test() 就會在工作目錄產生各種資料結構的 insert time 記錄，search time 記錄
            - 這些紀錄都會以 csv 檔儲存
            - 使用 test () 需要輸入:
                - string file_name_it : insert time 記錄檔名
                - string file_name_st : search time 記錄檔名
                - string type_record : 記錄檔中的註記文字，以及執行哪一種資料結構的運算

- ***（10%）心得、疑問、與遇到的困難***
    I. 疑問 1 : Hash table 在插入資料的時間複雜度應該是 O(1)，但是隨著資料量的成長，Hash 的插入時間卻也跟著提升
    II. 遇到的困難 : 一開始是對每一個資料結構都寫一個測試函數，但因為對 C++不熟，所以一直找不到方法把所有測試函數整合再一起，後來在 stackoverflow 上發問，才知道可以用 struct 與 template 來完成我想要中的功能

- ***報告請另外註明：***
    I. 作業程式碼 : https://github.com/theabc50111/nccu_cs_hw/blob/main/DataStructure_HW/HW3/hw3.cpp
    II. 資料結構程式碼來源 :
        a. Skip list: https://www.twblogs.net/a/5d09490abd9eee1e5c813476
        b. Treap : https://www.geeksforgeeks.org/treap-set-2-implementation-of-search-insert-and-delete/
        c. Sorted array :
            - https://www.cplusplus.com/reference/algorithm/sort/
            - https://www.cplusplus.com/reference/algorithm/binary_search/

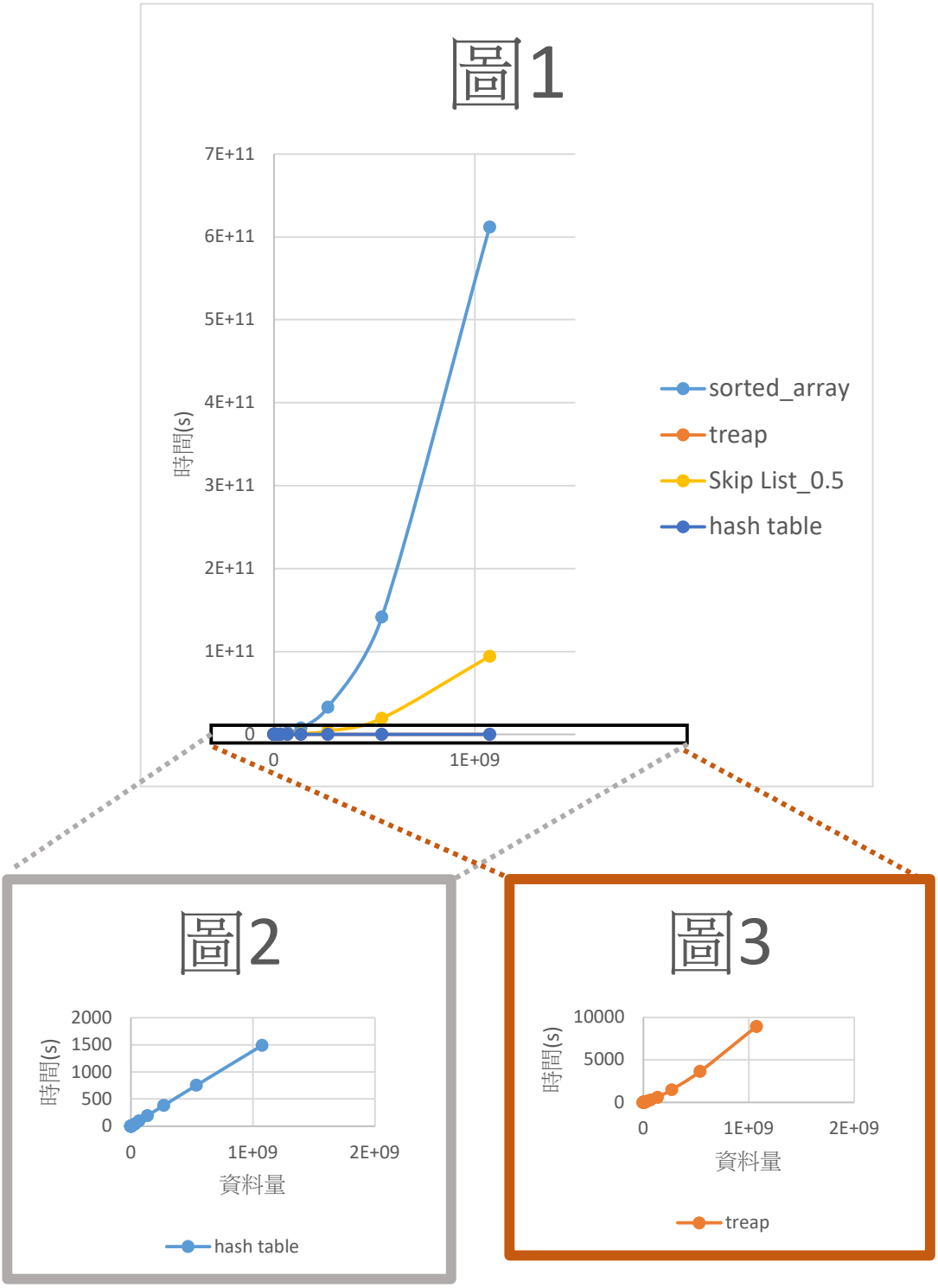
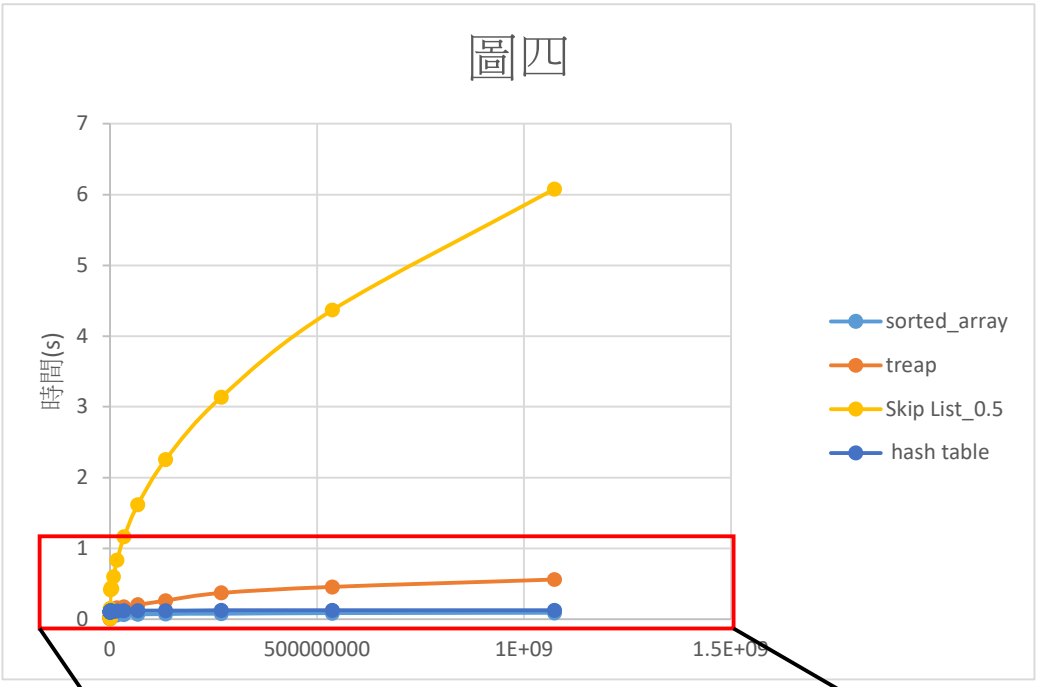
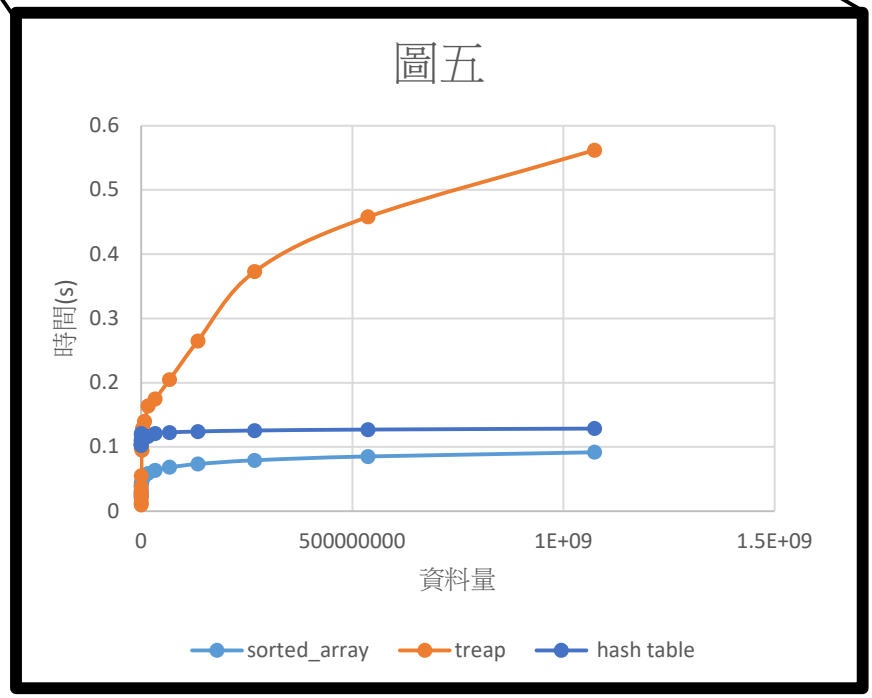


圖1
7E+11
6E+11
5E+11
4E+11
3E+11
2E+11
1E+11
0
時間(s)
0
1E+09
sorted_array
treap
Skip List_0.5
hash table
圖2
2000
1500
1000
500
0
時間(s)
0
1E+09
2E+09
資料量
hash table
圖3
10000
5000
0
時間(s)
0
1E+09
2E+09
資料量
treap


圖四
7
6
5
4
3
2
1
0
時間(s)
0
500000000
1E+09
1.5E+09
sorted_array
treap
Skip List_0.5
hash table


圖五
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
時間(s)
0
500000000
1E+09
1.5E+09
資料量
sorted_array
treap
hash table

表一				
資料量	sorted_array	treap	Skip List_0.5	hash table
1024	0.118991	0.000157	0.003101	0.002425
2048	0.513746	0.00037	0.009086	0.002258
4096	2.35717	0.001011	0.028855	0.004337
8192	10.0068	0.00236	0.125362	0.009066
16384	43.0796	0.005543	0.528231	0.019428
32768	185.266	0.018564	2.19997	0.039023
65536	793.683	0.040095	11.7064	0.079411
131072	3415.67	0.079898	65.0538	0.172225
262144	14855.6	0.21578	586.127	0.301063
524288	61355.4269	0.459132	3221.26	0.606563
1048576	265527.7901	1.05517	13548.5	1.22402
2097152	1149124.224	2.56158	82553.2	2.42018
4194304	4973063.203	6.3147	288601.4557	5.3753
8388608	21521918.26	18.3904	1410445.071	10.3725
16777216	93140373.76	47.6611	6893088.231	18.8713
33554432	403083457.6	123.794	33687710.6	38.1039
67108864	1744423682	282.33	164637649.7	97.7368993
134217728	7549339787	611.9522355	804612578.6	193.1036241
268435456	32671266614	1496.498628	3932280392	381.5243775
536870912	1.41391E+11	3659.612653	19217732229	753.7965755
1073741824	6.11899E+11	8949.399963	93920370670	1489.313163

表二				
資料量	sorted_array	treap	Skip List_0.5	hash table
1024	0.022243	0.010066	0.011863	0.102385
2048	0.022263	0.01118	0.015159	0.104716
4096	0.025243	0.012922	0.017902	0.102846
8192	0.025643	0.016056	0.021901	0.10311
16384	0.027887	0.021385	0.027376	0.10347
32768	0.029286	0.024943	0.031778	0.105057
65536	0.032101	0.028871	0.055465	0.109526
131072	0.036505	0.031257	0.053954	0.109614
262144	0.039491	0.038187	0.152943	0.111212
524288	0.040981397	0.055122	0.107731	0.120776
1048576	0.044093596	0.098269	0.418019	0.117863
2097152	0.047442142	0.094732	0.442897	0.117517
4194304	0.051044982	0.129325	0.431984101	0.116156
8388608	0.054921429	0.139935	0.601213838	0.115837
16777216	0.059092259	0.163874	0.836739311	0.116533
33554432	0.06357983	0.174807	1.164531869	0.12118
67108864	0.068408194	0.204799	1.620737135	0.1226204
134217728	0.073603234	0.264924	2.255660777	0.124082444
268435456	0.079192794	0.372897265	3.139315706	0.125561921
536870912	0.085206834	0.457724088	4.369142382	0.127059039
1073741824	0.091677592	0.561847351	6.080753559	0.128574007