

2M-5

PaiLisp のための並列オブジェクト指向言語 PaiObject

飯塚 泰樹 伊藤 貴康

(東北大学 工学部 情報工学科)

1.はじめに

並列 Lisp 言語や並列オブジェクト指向言語に関する研究が、最近国内外でさかんである。PaiLisp[1] は Scheme[2] に future, pcall, par, pcond, ... といった並列構文 (Multilisp や Qlisp の主なコンストラクト全てを含む[3]) を導入した共有メモリ型並列 Lisp 言語である。

この PaiLisp をオブジェクト指向言語に拡張した並列言語 PaiObject を設計、試作したので、その概要を報告する。PaiObject は、オブジェクト、クラス、メッセージ通信等のオブジェクト指向を支援する機能を並列プロセス環境下で実現するように設計されているが、プロセスを first-class object として許す点に特徴がある。本論文では、PaiObject の言語構文とその PaiLisp による記述、及び試作した処理系の概要について報告する。

2. PaiObject2.1 設計方針

PaiLisp は、「PaiLisp = Scheme + 並列構文」と考えられるのに対し、PaiObject は、「PaiObject = PaiLisp + 並列オブジェクト指向」という考え方で設計されている。また、並列オブジェクト指向は Oaklisp[4] 構文をもとに、PaiLisp に親和性の高い並列構文を導入するという立場から設計されている。本言語は、プロセスを first-class object として扱っている、多重継承によるコードの共有、一つのオブジェクトへの複数プロセスからの同時アクセスの許可 (すなわち、複数プロセスによるオブジェクトの共有)、明示的なプロセスの生成、排他メソッド、新しいクラスの概念 (すなわち、process, continuation, virtual) 等に特徴がある。また、プロセスを制御するためのメソッド、process-kill, suspend 等が用意されている。

2.2 PaiObject の構文

PaiObject の構文は次のように与えられる。

式 E	::= K I (E E*)	1
	<一般的 Scheme 式>	2
	(spawn E) (suspend) (exlambda (I*) E E*)	3
	(future E) (pcall E E*) (par E E*)	4
	(pcond (E E*)+) (pcond# (E E*)+)	5
	(par-and E*) (par-or E*) (delay E*)	6
	(loop E*) (pmap E E*)	7
	(add-method (E (C I*) I*) E E*)	8
	(add-exmethod (E (C I*) I*) E E*)	9

また、クラス及び重要なメソッドには次のようなものがある。

クラス C	::= object class operation	10
	process continuation virtual	11
	<ユーザ定義クラス>	12
	<他の Scheme の data-type>	13
メソッド	::= make initialize	14
	process-kill process-init suspend etc ..	15

PaiObject: A Parallel Object Oriented Language for PaiLisp

Yasuki IIZUKA, Takayasu ITO
TOHOKU University

式 E のうち、1-6 行は PaiLisp のもの、add-exmethod が PaiObject 固有のものになる。また、クラスのうち、process, continuation, virtual、メソッドのうち process-kill, process-init, suspend が PaiObject 固有のものとなっている。

2.3 構文の意味オブジェクト

PaiObject では、言語中のすべてのものは、オブジェクトとして平等に扱っている。クラスもオブジェクトである。オブジェクトには、(1) インスタンス変数環境、(2) クラスへのポインタ、(3) メソッド起動の機構、(4) 排他機構がそなわっている。

PaiObject は多重継承を許すクラス階層を持つ。すべてのクラスは、class クラスのインスタンスであり、また、クラス階層の最上位には、object クラスがある。

オブジェクトの作成

オブジェクトを作るには、make メソッドが使われる。ユーザクラスを定義するには (make class ..)、インスタンスを生成するには (make C ..) とする。make メソッドは、作ったオブジェクトに対して initialize メッセージを送る。

メソッド

メソッドは、シンボルに対して定義されるのではなく、operation オブジェクトに対して定義される。メソッドは、その定義された環境、オブジェクトのインスタンス変数環境を合わせた環境で実行される。これにより、Scheme のクロージャの意味を壊さないようにしてある。メソッドを定義するには、add-method 式を使う。下の式で、op は operation クラスのオブジェクトである。

(add-method (op (C iver-list) . arg-list) E E*)

排他メソッド

add-exmethod は、排他同期のための排他メソッドを定義するのに用いる。ある一つのオブジェクトへの排他メソッドの適用は、順序付けられて実行される。

メッセージ送信とメソッドの起動

メッセージ送信には、Scheme の procedure-call のシンタックスが使われ、procedure-call の形で実行される (RPC ではない)。

virtual クラス

virtual クラスのインスタンスは仮の値として扱われるオブジェクトであり、future や delay を評価した時に返される値として用いられるほかに、プロセス間の非同期通信にも有効である。

並列実行

PaiObject による並列実行は、spawn 式 (これは (make process 'E) に相当) や、その他の PaiLisp 並列構文によるプロセスの生成によって行われる。プロセスを

制御するためには、suspend(プロセスの実行の中止)、process-kill(実行の強制終了)などのメソッドが用意されている。また、continuationによってプロセスの制御/同期が可能になっている。

3. PaiLispによるPaiObjectの記述

言語の仕様を明確に与えるには、形式的な記述が望ましい。

PaiObjectの言語仕様は、PaiLispによって記述が与えられている。これは同時に、PaiLispが並列オブジェクト指向言語を記述するのに十分な能力を持っていることを示している。

PaiObjectのオブジェクトの構造を、PaiLispを用いて記述すると図1のようになる。オブジェクトは、lambda式によるクロージャ(7-27)として表現できるが、これには、インスタンス変数環境(1-3)、クラスへのポインタ(5)、メソッド起動の機構(7-27)、排他機構(4-5,12-19)が含まれる。

この他に、PaiObject特有のメソッド、virtual,processオブジェクトなどについても記述が与えられている。

```

1: (let ((instv1 val)) ;; インスタンス変数環境
2:   ...
3:   (instvn val)
4:   (lock
5:     (exlambda (m args) (apply m args)))
6:     (my-class <class>)) ;; クラスへのポインタ
7:   (lambda (selector . args) ;; オブジェクトの本体
8:     (let ((method
9:           (cond ((my-class search-method selector))
10:                 (else (error "No such method.")))))
11:       (if (exmethod? method)
12:         (lock
13:           (eval (method 'call)) ;; 環境操作
14:             (append-environment ; 環境の結合
15:               (method 'env)) ; メソッドの環境
16:               (subset-environment
17:                 (current-environment)
18:                   (method 'ivars))))
19:         args)
20:         (apply
21:           (eval (method 'call)) ;; 通常のメソッドの適用
22:             (append-environment
23:               (method 'env)
24:                 (subset-environment
25:                   (current-environment)
26:                     (method 'ivars))))
27:         args))))
28:   (define (send selector receiver . args)
29:     (apply receiver selector receiver args))
30:   また、メソッドは次のような形をしているものとする。
31:   (lambda (cmd)
32:     (cond ((eq? cmd 'call) ;; 実行される本体
33:           'lambda <args> <body>))
34:           ((eq? cmd 'ivars);; 参照されるインスタンス変数
35:             <ivars>)
36:             ((eq? cmd 'env) ;; 定義された環境を取り出す
37:               (current-environment))
38:               ((eq? cmd 'exmethod?
39:                 #f))
40:                 ;; exmethodのフラグ
41:               )
42:             )
43:           )
44:         )
45:       )
46:     )
47:   )
48:   )
49:   )
50:   )
51:   )
52:   )
53:   )
54:   )
55:   )
56:   )
57:   )
58:   )
59:   )
60:   )
61:   )
62:   )
63:   )
64:   )
65:   )
66:   )
67:   )
68:   )
69:   )
70:   )
71:   )
72:   )
73:   )
74:   )
75:   )
76:   )
77:   )
78:   )
79:   )
80:   )
81:   )
82:   )
83:   )
84:   )
85:   )
86:   )
87:   )
88:   )
89:   )
90:   )
91:   )
92:   )
93:   )
94:   )
95:   )
96:   )
97:   )
98:   )
99:   )
100:  )
101:  )
102:  )
103:  )
104:  )
105:  )
106:  )
107:  )
108:  )
109:  )
110:  )
111:  )
112:  )
113:  )
114:  )
115:  )
116:  )
117:  )
118:  )
119:  )
120:  )
121:  )
122:  )
123:  )
124:  )
125:  )
126:  )
127:  )
128:  )
129:  )
130:  )
131:  )
132:  )
133:  )
134:  )
135:  )
136:  )
137:  )
138:  )
139:  )
140:  )
141:  )
142:  )
143:  )
144:  )
145:  )
146:  )
147:  )
148:  )
149:  )
150:  )
151:  )
152:  )
153:  )
154:  )
155:  )
156:  )
157:  )
158:  )
159:  )
160:  )
161:  )
162:  )
163:  )
164:  )
165:  )
166:  )
167:  )
168:  )
169:  )
170:  )
171:  )
172:  )
173:  )
174:  )
175:  )
176:  )
177:  )
178:  )
179:  )
180:  )
181:  )
182:  )
183:  )
184:  )
185:  )
186:  )
187:  )
188:  )
189:  )
190:  )
191:  )
192:  )
193:  )
194:  )
195:  )
196:  )
197:  )
198:  )
199:  )
200:  )
201:  )
202:  )
203:  )
204:  )
205:  )
206:  )
207:  )
208:  )
209:  )
210:  )
211:  )
212:  )
213:  )
214:  )
215:  )
216:  )
217:  )
218:  )
219:  )
220:  )
221:  )
222:  )
223:  )
224:  )
225:  )
226:  )
227:  )
228:  )
229:  )
230:  )
231:  )
232:  )
233:  )
234:  )
235:  )
236:  )
237:  )
238:  )
239:  )
240:  )
241:  )
242:  )
243:  )
244:  )
245:  )
246:  )
247:  )
248:  )
249:  )
250:  )
251:  )
252:  )
253:  )
254:  )
255:  )
256:  )
257:  )
258:  )
259:  )
260:  )
261:  )
262:  )
263:  )
264:  )
265:  )
266:  )
267:  )
268:  )
269:  )
270:  )
271:  )
272:  )
273:  )
274:  )
275:  )
276:  )
277:  )
278:  )
279:  )
280:  )
281:  )
282:  )
283:  )
284:  )
285:  )
286:  )
287:  )
288:  )
289:  )
290:  )
291:  )
292:  )
293:  )
294:  )
295:  )
296:  )
297:  )
298:  )
299:  )
300:  )
301:  )
302:  )
303:  )
304:  )
305:  )
306:  )
307:  )
308:  )
309:  )
310:  )
311:  )
312:  )
313:  )
314:  )
315:  )
316:  )
317:  )
318:  )
319:  )
320:  )
321:  )
322:  )
323:  )
324:  )
325:  )
326:  )
327:  )
328:  )
329:  )
330:  )
331:  )
332:  )
333:  )
334:  )
335:  )
336:  )
337:  )
338:  )
339:  )
340:  )
341:  )
342:  )
343:  )
344:  )
345:  )
346:  )
347:  )
348:  )
349:  )
350:  )
351:  )
352:  )
353:  )
354:  )
355:  )
356:  )
357:  )
358:  )
359:  )
360:  )
361:  )
362:  )
363:  )
364:  )
365:  )
366:  )
367:  )
368:  )
369:  )
370:  )
371:  )
372:  )
373:  )
374:  )
375:  )
376:  )
377:  )
378:  )
379:  )
380:  )
381:  )
382:  )
383:  )
384:  )
385:  )
386:  )
387:  )
388:  )
389:  )
390:  )
391:  )
392:  )
393:  )
394:  )
395:  )
396:  )
397:  )
398:  )
399:  )
400:  )
401:  )
402:  )
403:  )
404:  )
405:  )
406:  )
407:  )
408:  )
409:  )
410:  )
411:  )
412:  )
413:  )
414:  )
415:  )
416:  )
417:  )
418:  )
419:  )
420:  )
421:  )
422:  )
423:  )
424:  )
425:  )
426:  )
427:  )
428:  )
429:  )
430:  )
431:  )
432:  )
433:  )
434:  )
435:  )
436:  )
437:  )
438:  )
439:  )
440:  )
441:  )
442:  )
443:  )
444:  )
445:  )
446:  )
447:  )
448:  )
449:  )
450:  )
451:  )
452:  )
453:  )
454:  )
455:  )
456:  )
457:  )
458:  )
459:  )
460:  )
461:  )
462:  )
463:  )
464:  )
465:  )
466:  )
467:  )
468:  )
469:  )
470:  )
471:  )
472:  )
473:  )
474:  )
475:  )
476:  )
477:  )
478:  )
479:  )
480:  )
481:  )
482:  )
483:  )
484:  )
485:  )
486:  )
487:  )
488:  )
489:  )
490:  )
491:  )
492:  )
493:  )
494:  )
495:  )
496:  )
497:  )
498:  )
499:  )
500:  )
501:  )
502:  )
503:  )
504:  )
505:  )
506:  )
507:  )
508:  )
509:  )
510:  )
511:  )
512:  )
513:  )
514:  )
515:  )
516:  )
517:  )
518:  )
519:  )
520:  )
521:  )
522:  )
523:  )
524:  )
525:  )
526:  )
527:  )
528:  )
529:  )
530:  )
531:  )
532:  )
533:  )
534:  )
535:  )
536:  )
537:  )
538:  )
539:  )
540:  )
541:  )
542:  )
543:  )
544:  )
545:  )
546:  )
547:  )
548:  )
549:  )
550:  )
551:  )
552:  )
553:  )
554:  )
555:  )
556:  )
557:  )
558:  )
559:  )
560:  )
561:  )
562:  )
563:  )
564:  )
565:  )
566:  )
567:  )
568:  )
569:  )
570:  )
571:  )
572:  )
573:  )
574:  )
575:  )
576:  )
577:  )
578:  )
579:  )
580:  )
581:  )
582:  )
583:  )
584:  )
585:  )
586:  )
587:  )
588:  )
589:  )
590:  )
591:  )
592:  )
593:  )
594:  )
595:  )
596:  )
597:  )
598:  )
599:  )
600:  )
601:  )
602:  )
603:  )
604:  )
605:  )
606:  )
607:  )
608:  )
609:  )
610:  )
611:  )
612:  )
613:  )
614:  )
615:  )
616:  )
617:  )
618:  )
619:  )
620:  )
621:  )
622:  )
623:  )
624:  )
625:  )
626:  )
627:  )
628:  )
629:  )
630:  )
631:  )
632:  )
633:  )
634:  )
635:  )
636:  )
637:  )
638:  )
639:  )
640:  )
641:  )
642:  )
643:  )
644:  )
645:  )
646:  )
647:  )
648:  )
649:  )
650:  )
651:  )
652:  )
653:  )
654:  )
655:  )
656:  )
657:  )
658:  )
659:  )
660:  )
661:  )
662:  )
663:  )
664:  )
665:  )
666:  )
667:  )
668:  )
669:  )
670:  )
671:  )
672:  )
673:  )
674:  )
675:  )
676:  )
677:  )
678:  )
679:  )
680:  )
681:  )
682:  )
683:  )
684:  )
685:  )
686:  )
687:  )
688:  )
689:  )
690:  )
691:  )
692:  )
693:  )
694:  )
695:  )
696:  )
697:  )
698:  )
699:  )
700:  )
701:  )
702:  )
703:  )
704:  )
705:  )
706:  )
707:  )
708:  )
709:  )
710:  )
711:  )
712:  )
713:  )
714:  )
715:  )
716:  )
717:  )
718:  )
719:  )
720:  )
721:  )
722:  )
723:  )
724:  )
725:  )
726:  )
727:  )
728:  )
729:  )
730:  )
731:  )
732:  )
733:  )
734:  )
735:  )
736:  )
737:  )
738:  )
739:  )
740:  )
741:  )
742:  )
743:  )
744:  )
745:  )
746:  )
747:  )
748:  )
749:  )
750:  )
751:  )
752:  )
753:  )
754:  )
755:  )
756:  )
757:  )
758:  )
759:  )
760:  )
761:  )
762:  )
763:  )
764:  )
765:  )
766:  )
767:  )
768:  )
769:  )
770:  )
771:  )
772:  )
773:  )
774:  )
775:  )
776:  )
777:  )
778:  )
779:  )
779:  )
780:  )
781:  )
782:  )
783:  )
784:  )
785:  )
786:  )
787:  )
788:  )
789:  )
789:  )
790:  )
791:  )
792:  )
793:  )
794:  )
795:  )
796:  )
797:  )
798:  )
799:  )
799:  )
800:  )
801:  )
802:  )
803:  )
804:  )
805:  )
806:  )
807:  )
808:  )
809:  )
809:  )
810:  )
811:  )
812:  )
813:  )
814:  )
815:  )
816:  )
817:  )
818:  )
819:  )
819:  )
820:  )
821:  )
822:  )
823:  )
824:  )
825:  )
826:  )
827:  )
828:  )
829:  )
829:  )
830:  )
831:  )
832:  )
833:  )
834:  )
835:  )
836:  )
837:  )
838:  )
839:  )
839:  )
840:  )
841:  )
842:  )
843:  )
844:  )
845:  )
846:  )
847:  )
848:  )
849:  )
849:  )
850:  )
851:  )
852:  )
853:  )
854:  )
855:  )
856:  )
857:  )
858:  )
859:  )
859:  )
860:  )
861:  )
862:  )
863:  )
864:  )
865:  )
866:  )
867:  )
868:  )
869:  )
869:  )
870:  )
871:  )
872:  )
873:  )
874:  )
875:  )
876:  )
877:  )
878:  )
879:  )
879:  )
880:  )
881:  )
882:  )
883:  )
884:  )
885:  )
886:  )
887:  )
888:  )
889:  )
889:  )
890:  )
891:  )
892:  )
893:  )
894:  )
895:  )
896:  )
897:  )
898:  )
899:  )
899:  )
900:  )
901:  )
902:  )
903:  )
904:  )
905:  )
906:  )
907:  )
908:  )
909:  )
909:  )
910:  )
911:  )
912:  )
913:  )
914:  )
915:  )
916:  )
917:  )
918:  )
919:  )
919:  )
920:  )
921:  )
922:  )
923:  )
924:  )
925:  )
926:  )
927:  )
928:  )
929:  )
929:  )
930:  )
931:  )
932:  )
933:  )
934:  )
935:  )
936:  )
937:  )
938:  )
939:  )
939:  )
940:  )
941:  )
942:  )
943:  )
944:  )
945:  )
946:  )
947:  )
948:  )
949:  )
949:  )
950:  )
951:  )
952:  )
953:  )
954:  )
955:  )
956:  )
957:  )
958:  )
959:  )
959:  )
960:  )
961:  )
962:  )
963:  )
964:  )
965:  )
966:  )
967:  )
968:  )
969:  )
969:  )
970:  )
971:  )
972:  )
973:  )
974:  )
975:  )
976:  )
977:  )
978:  )
979:  )
979:  )
980:  )
981:  )
982:  )
983:  )
984:  )
985:  )
986:  )
987:  )
988:  )
989:  )
989:  )
990:  )
991:  )
992:  )
993:  )
994:  )
995:  )
996:  )
997:  )
998:  )
999:  )
999:  )
1000:  )
1001:  )
1002:  )
1003:  )
1004:  )
1005:  )
1006:  )
1007:  )
1008:  )
1009:  )
1009:  )
1010:  )
1011:  )
1012:  )
1013:  )
1014:  )
1015:  )
1016:  )
1017:  )
1018:  )
1019:  )
1019:  )
1020:  )
1021:  )
1022:  )
1023:  )
1024:  )
1025:  )
1026:  )
1027:  )
1028:  )
1029:  )
1029:  )
1030:  )
1031:  )
1032:  )
1033:  )
1034:  )
1035:  )
1036:  )
1037:  )
1038:  )
1039:  )
1039:  )
1040:  )
1041:  )
1042:  )
1043:  )
1044:  )
1045:  )
1046:  )
1047:  )
1048:  )
1049:  )
1049:  )
1050:  )
1051:  )
1052:  )
1053:  )
1054:  )
1055:  )
1056:  )
1057:  )
1058:  )
1059:  )
1059:  )
1060:  )
1061:  )
1062:  )
1063:  )
1064:  )
1065:  )
1066:  )
1067:  )
1068:  )
1069:  )
1069:  )
1070:  )
1071:  )
1072:  )
1073:  )
1074:  )
1075:  )
1076:  )
1077:  )
1078:  )
1079:  )
1079:  )
1080:  )
1081:  )
1082:  )
1083:  )
1084:  )
1085:  )
1086:  )
1087:  )
1088:  )
1089:  )
1089:  )
1090:  )
1091:  )
1092:  )
1093:  )
1094:  )
1095:  )
1096:  )
1097:  )
1098:  )
1098:  )
1099:  )
1100:  )
1101:  )
1102:  )
1103:  )
1104:  )
1105:  )
1106:  )
1107:  )
1108:  )
1109:  )
1109:  )
1110:  )
1111:  )
1112:  )
1113:  )
1114:  )
1115:  )
1116:  )
1117:  )
1118:  )
1119:  )
1119:  )
1120:  )
1121:  )
1122:  )
1123:  )
1124:  )
1125:  )
1126:  )
1127:  )
1128:  )
1129:  )
1129:  )
1130:  )
1131:  )
1132:  )
1133:  )
1134:  )
1135:  )
1136:  )
1137:  )
1138:  )
1139:  )
1139:  )
1140:  )
1141:  )
1142:  )
1143:  )
1144:  )
1145:  )
1146:  )
1147:  )
1148:  )
1148:  )
1149:  )
1150:  )
1151:  )
1152:  )
1153:  )
1154:  )
1155:  )
1156:  )
1157:  )
1158:  )
1158:  )
1159:  )
1160:  )
1161:  )
1162:  )
1163:  )
1164:  )
1165:  )
1166:  )
1167:  )
1168:  )
1168:  )
1169:  )
1170:  )
1171:  )
1172:  )
1173:  )
1174:  )
1175:  )
1176:  )
1177:  )
1177:  )
1178:  )
1179:  )
1179:  )
1180:  )
1181:  )
1182:  )
1183:  )
1184:  )
1185:  )
1186:  )
1187:  )
1188:  )
1188:  )
1189:  )
1190:  )
1191:  )
1192:  )
1193:  )
1194:  )
1195:  )
1196:  )
1197:  )
1198:  )
1198:  )
1199:  )
1200:  )
1201:  )
1202:  )
1203:  )
1204:  )
1205:  )
1206:  )
1207:  )
1208:  )
1209:  )
1209:  )
1210:  )
1211:  )
1212:  )
1213:  )
1214:  )
1215:  )
1216:  )
1217:  )
1218:  )
1219:  )
1219:  )
1220:  )
1221:  )
1222:  )
1223:  )
1224:  )
1225:  )
1226:  )
1227:  )
1228:  )
1229:  )
1229:  )
1230:  )
1231:  )
1232:  )
1233:  )
1234:  )
1235:  )
1236:  )
1237:  )
1238:  )
1238:  )
1239:  )
1240:  )
1241:  )
1242:  )
1243:  )
1244:  )
1245:  )
1246:  )
1247:  )
1248:  )
1248:  )
1249:  )
1250:  )
1251:  )
1252:  )
1253:  )
1254:  )
1255:  )
1256:  )
1257:  )
1258:  )
1258:  )
1259:  )
1260:  )
1261:  )
1262:  )
1263:  )
1264:  )
1265:  )
1266:  )
1267:  )
1268:  )
1268:  )
1269:  )
1270:  )
1271:  )
1272:  )
1273:  )
1274:  )
1275:  )
1276:  )
1277:  )
1277:  )
1278:  )
1279:  )
1279:  )
1280:  )
1281:  )
1282:  )
1283:  )
1284:  )
1285:  )
1286:  )
1287:  )
1287:  )
1288:  )
1289:  )
1289:  )
1290:  )
1291:  )
1292:  )
1293:  )
1294:  )
1295:  )
1296:  )
1297:  )
1297:  )
1298:  )
1299:  )
1299:  )
1300:  )
1301:  )
1302:  )
1303:  )
1304:  )
1305:  )
1306:  )
1307:  )
1308:  )
1308:  )
1309:  )
1310:  )
1311:  )
1312:  )
1313:  )
1314:  )
1315:  )
1316:  )
1317:  )
1318:  )
1318:  )
1319:  )
1320:  )
1321:  )
1322:  )
1323:  )
1324:  )
1325:  )
1326:  )
1327:  )
1328:  )
1328:  )
1329:  )
1330:  )
1331:  )
1332:  )
1333:  )
1334:  )
1335:  )
1336:  )
1337:  )
1338:  )
1338:  )
1339:  )
1340:  )
1341:  )
1342:  )
1343:  )
1344:  )
1345:  )
1346:  )
1347:  )
1348:  )
1348:  )
1349:  )
1350:  )
1351:  )
1352:  )
1353:  )
1354:  )
1355:  )
1356:  )
1357:  )
1358:  )
1358:  )
1359:  )
1360:  )
1361:  )
1362:  )
1363:  )
1364:  )
1365:  )
1366:  )
1367:  )
1368:  )
1368:  )
1369:  )
1370:  )
1371:  )
1372:  )
1373:  )
1374:  )
1375:  )
1376:  )
1377:  )
1377:  )
1378:  )
1379:  )
1379:  )
1380:  )
1381:  )
1382:  )
1383:  )
1384:  )
1385:  )
1386:  )
1387:  )
1387:  )
1388:  )
1389:  )
1389:  )
1390:  )
1391:  )
1392:  )
1393:  )
1394:  )
1395:  )
1396:  )
1397:  )
1397:  )
1398:  )
1399:  )
1399:  )
1400:  )
1401:  )
1402:  )
1403:  )
1404:  )
1405:  )
1406:  )
1407:  )
1408:  )
1408:  )
1409:  )
1410:  )
1411:  )
1412:  )
1413:  )
1414:  )
1415:  )
1416:  )
1417:  )
1417:  )
1418:  )
1419:  )
1419:  )
1420:  )
1421:  )
1422:  )
1423:  )
1424:  )
1425:  )
1426:  )
1427:  )
1427:  )
1428:  )
1429:  )
1429:  )
1430:  )
1431:  )
1432:  )
1433:  )
1434:  )
1435:  )
1436:  )
1437:  )
1437:  )
1438:  )
1439:  )
1439:  )
1440:  )
1441:  )
1442:  )
1443:  )
1444:  )
1445:  )
1446:  )
1447:  )
1447:  )
1448:  )
1449:  )
1449:  )
1450:  )
1451:  )
1452:  )
1453:  )
1454:  )
1455:  )
1456:  )
1457:  )
1457:  )
1458:  )
1459:  )
1459:  )
1460:  )
1461:  )
1462:  )
1463:  )
1464:  )
1465:  )
1466:  )
1467:  )
1467:  )
1468:  )
1469:  )
1469:  )
1470:  )
1471:  )
1472:  )
1473:  )
1474:  )
1475:  )
1476:  )
1477:  )
1477:  )
1478:  )
1479:  )
1479:  )
1480:  )
1481:  )
1482:  )
1483:  )
1484:  )
1485:  )
1486:  )
1487:  )
1487:  )
1488:  )
1489:  )
1489:  )
1490:  )
1491:  )
1492:  )
1493:  )
1494:  )
1495:  )
1496:  )
1497:  )
1497:  )
1498:  )
1499:  )
1499:  )
1500:  )
1501:  )
1502:  )
1503:  )
1504:  )
1505:  )
1506:  )
1507:  )
1508:  )
1508:  )
1509:  )
1510:  )
1511:  )
1512:  )
1513:  )
1514:  )
1515:  )
1516:  )
1517:  )
1517:  )
1518:  )
1519:  )
1519:  )
1520:  )
1521:  )
1522:  )
1523:  )
1524:  )
1525:  )
1526:  )
1527:  )
1527:  )
1528:  )
1529:  )
1529:  )
1530:  )
1531:  )
1532:  )
1533:  )
1534:  )
1535:  )
1536:  )
1537:  )
1537:  )
1538:  )
1539:  )
1539:  )
1540:  )
1541:  )
154
```