广义量词的各种单调性之间的关系

张晓君

摘　要: 广义量词理论在集合论的基础上得到发展,提升了一阶逻辑处理现实世界的能力,有助于计算机更好地处理自然语言。单调性是广义量词最为重要的语义性质。1 类型广义量词的单调性与其亲缘量词的单调性之间具有可转换关系,同一个 1,1 类型广义量词的不同单调性之间也具有可转换关系,这些转换关系可以用数字三角形简图进行直观验证。

关键词: 一阶逻辑; 集合论; 广义量词; 自然语言; 单调性; 单调递增; 单调递减

中图分类号: B815　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1001－5019(2012)05－0047－06

基金项目: 教育部人文社科研究规划基金项目(12YJA72040001)

作者简介: 张晓君,厦门大学哲学系博士后(福建 厦门 361005)。

一、广义量词理论的发展及其优越性

20 世纪 20 年代,指称全称量词"和存在量词$的“量词(quantifier)”用法才在逻辑学中确立下来[1],逻辑学家们在这两个标准量词研究的基础上逐步形成一阶逻辑理论。1957 年,Mostowski 发现在自然语言中存在许多不能够根据一阶逻辑的全称量词"和存在量词$来定义但却具有非常有趣的数学推理性质的量词(如“大多数的、少数的、许多、无穷多个、一半以上的”),即所谓的广义量词(generalized quantifiers)[2]。1966 年,Lindström 对广义量词中的 Lindström 量词的概念给出了形式化的定义[3]。从此,逻辑学家开辟了广义量词的研究领域,并取得丰硕的成果。

国外的研究主要有如下三个方向:(1)广义量词的基础理论;(2)使用范畴论知识分析刻画自然语言中的广义量词;(3)将广义量词理论应用于自然语言的计算机信息处理。van Benthem 的研究表明:一阶可定义的广义量词正好是那些能够被非循环的有穷自动机所接受的并且是置换封闭的量词;能够被下推自动机所接受的〈1〉类型的广义量词正好是那些在加法代数中相对于数字间的二元关系而言可以用一阶方式定义的量词,即在模型〈N, +〉(N = {0, 1, 2, …})中可以定义的量词[4]。广义量词理论也有向其他方向进行渗透或扩展的趋势,如向量化模态逻辑渗透[5],向动态逻辑进行扩展[6]。

广义量词除了包括一阶逻辑中的全称量词(∀)和存在量词(∃)外,还包括由限定词 a,an,

[1] A. Pietarinen, *Signs of Logic*, Dordrecht: Springer, 2006, pp. 182－186.

[2] A. Mostowski, “On a Generalization of Quantifiers”, *Fundamenta Mathematicae*, vol. 44, 1957, pp. 12－36.

[3] P. Lindström, “First－order Predicate Logic with Generalized Quantifiers”, *Theoria*, vol. 32, 1966, pp. 186－195.

[4] J. van Benthem, *Essays in Logical Semantics*, D. Reidel Pub. Co., 1986.

[5] D. M. Gabbay, M. A. Reynolds, M. Finger, *Temporal Logic Mathematical Foundation and Computational Aspects*, Oxford: Clarendon Press, 2000, pp. 229－272.

[6] J. M. Gawron, “Quantification, Quantificational Domains and Dynamic Logic”, *The Handbook of Contemporary Semantic Theory*, Blackwell: Blackwell Publishing, 1997, pp. 171－188.

the 或其他量化关系指称形成的所有名词短语。后来,逻辑学家把限定词也纳入广义量词的范畴[①]。比如,"正好五个苹果、我的笔、所有的学生、没有、几个、两者都不、一打的、不超过三分之二的"都是广义量词。广义量词理论是以集合论为基础的自然语言逻辑理论,该理论主要是根据广义量词的论元所涉及的集合的性质或者集合之间的关系解释广义量词的语义普遍性。广义量词理论以自然语言的自动理解和自动生成为最终目标,是现代逻辑学、理论语言学、计算语言学等交叉领域的重点研究内容之一,它的逻辑推演、语言计算和信息处理的功能,对自然语言的计算机自动分析产生了深刻的影响。

广义量词理论优越于一阶逻辑的地方在于:(1)使得自然语言中的绝大多数量化语句能够得到较为有效的处理;(2)可以使逻辑句法与自然语言的句法紧密地对应起来,这种对应对于语言学,尤其是计算语言学对自然语言的信息处理具有重要的意义[②];(3)广义量词理论通过分析名词短语或限定词的量化意义,可以解释自然语言中许多直观上成立的推理,扩大了"逻辑有效"的概念,拓展了正确的逻辑推理形式的范围,打破了仅仅凭借一阶逻辑给出的那些公理及其推理规则来判断有效推理的瓶颈,比如,我们可以用广义量词的单调性、对称性等语义性质来解释或判断一个亚氏三段论或扩展的三段论是否有效;(4)广义量词理论提出了广义量词一些重要的语义特征,适合处理与广义量词有关的语义现象,从而提升了一阶逻辑处理现实问题的能力,有助于计算机更好地处理自然语言;(5)广义量词理论处理问题的方式直观简洁,较为符合人类的直觉,普适性很强。

广义量词的主要性质包括同构闭包性、驻留性、扩展性、单调性、对称性、相交性以及逻辑性,单调性是广义量词最重要的语义性质。本文研究的重点是自然语言中最为普遍的⟨1⟩类型广义量词和⟨1, 1⟩类型广义量词的单调性。在本文中,A、B、C、D 是集合,E、F 是所讨论的论域,"$\subseteq$"是包含关系,"当且仅当"(if and only if)简写成"iff","$\Rightarrow$"表示蕴涵。若无特别说明,量词都是指广义量词。

二、相关概念

广义量词的类型根据其集合论运算中有多少论元并且论元是什么可划分为⟨1⟩类型量词、⟨1, 1⟩类型量词、⟨1, 1, 1⟩类型量词、⟨1, 2⟩类型量词等。⟨1⟩类型量词有一个论元且论元是集合,是表示个体集合性质的量词,常见名词短语就是⟨1⟩类型量词。⟨1, 1⟩类型的量词有两个论元且两个论元都是集合,在每个论域上该类量词表示集合之间的某种二元关系。在自然语言中,限定词所表示的量词大多数是⟨1, 1⟩类型量词,该类量词表示的是其限制论元与其辖域论元之间的某种二元关系。以⟨1⟩类型量词开头的量化语句具有 Q(A)这样的结构,而以⟨1, 1⟩类型量词开头的量化语句具有 Q(A, B)这样的三分结构。如,在"所有的楼盘都卖空了"中,"所有的楼盘"是⟨1⟩类型量词,此时该语句具有 Q(A)结构,其中 A 表示所有卖空了的个体组成的集合,而"所有的"则是⟨1, 1⟩类型量词,该量词的真值定义揭示的集合之间的二元关系是:$Q_E(A, B) \Leftrightarrow A \subseteq B$,即该量词的限制论元 A 与其辖域论元 B 具有包含关系。该语句成立的充分必要条件就是:所有的楼盘组成的集合 A 包含在所有卖空了的个体组成的集合 B 中。

本文除了讨论广义量词的四种基本单调性即右单调递增、右单调递减、左单调递增、左单调递减外,还讨论四种斜向单调性——东南方向递增、西南方向递增、东北方向递减、西北方向递减。这四种斜向单调性属于左单调性的范畴,西南方向递增与东南方向递增结合就等于左单调递增,西北方向递减与东北方向递减结合就等于左单调递减。

在这四种斜向单调性中,对⟨1, 1⟩类型量词而言,是指在有限论域下满足同构闭包 I^{*}_{SOM} 时

[①] 参见张晓君、郝一江《广义量词的单调性及其检测方法》,《中国分析哲学 2009》,杭州:浙江大学出版社,2010 年,第 101 ~ 112 页。

[②] J. Barwise, R. Cooper, "Generalized Quantifiers and Natural Language", *Linguistics and Philosophy*, no. 2, vol. 4, 1981, pp. 159 – 219.

的单调性，而对⟨1⟩类型量词的单调性来说，不用事先假定在有穷论域下，也不用假定满足同构闭包性 I_{SOM}，但是满足这些任意种类的单调性的广义量词都必须假设满足驻留性（conservataivity）[①]。笔者的理解是，在假定具有同构闭包性和有穷论域的情况下，单调性可以在数字三角形中异常清楚地展示出来，而且这种展示方法所得到的结果离开了这些假设就很难被发现[②]。而对于这四种斜向单调性，只有在满足驻留性的条件下，才能满足它们各自的定义中的条件 $A\cap B = A'\cap B$ 或 $A - B = A' - B'$；满足同构闭包性才能够保证"如果在一个逻辑语言中一个语句在一个模型中为真，那么该语句将在所有的同构模型中为真"，关系、个体等无关紧要的东西已经被抽象，结构的重要性被凸显。比如，an odd number of students 与 an odd number of eggs/dogs/trees 的单调性及其数字三角形只与 an odd number of 有关，与 students、eggs/dogs/ trees 无关。

定义1　对于任意的⟨1⟩类型广义量词 Q 而言，

（1）Q_E是单调向上的（记作 Mon↑），iff：若 $A\subseteq B\subseteq E$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_E(B)$；

（2）Q_E是单调向下的（记作 Mon↓），iff：若 $B\subseteq A\subseteq E$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_E(B)$；

（3）Q_E是东南方向单调递增的（记作 $\uparrow_{SE}$Mon），iff：若 $E\subseteq F$ 且 $B\subseteq F$ 且 $E - A = F - B$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_F(B)$；

（4）Q_E是西南方向单调递增的（记作 $\uparrow_{SW}$Mon），iff：若 $E\subseteq F$ 且 $B\subseteq F$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_F(B)$；

（5）Q_E是西北方向单调递减的（记作 $\downarrow_{NW}$Mon），iff：若 $B\subseteq F\subseteq E$ 且 $E - A = F - B$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_F(B)$；

（6）Q_E是东北方向单调递减的（记作 $\downarrow_{NE}$Mon），iff：若 $B\subseteq F\subseteq E$，则 $Q_E(A)\Rightarrow Q_F(B)$。

⟨1⟩类型量词由于只有一个论元，不具有左右单调性，但可能具有或东南或西北、或东北或西南方向的单调性。这些对局部量词的单调性的定义可以直接拓展成对普遍量词的定义，也就是说，"如果每一个局部量词是向上（或向下）单调的，那么它所对应的普遍量词也是向上（或向下）单调的"[③]，而"一个⟨1，1⟩类型的普遍量词可以定义成一个函数 Q，该函数把每个论域 E 映射到 E 上的⟨1，1⟩类型的局部量词 Q_E"[④]。所以，我们研究⟨1⟩类型和⟨1，1⟩类型的普遍量词的单调性时，可以通过研究它所对应的局部量词的单调性来实现。在实际的研究过程中，我们主要是在有穷论域上研究量词的单调性[⑤]。

定义2　对于任意的⟨1，1⟩类型广义量词 Q 而言，

（1）Q_E是右单调递增的（记作 Mon↑），iff：若 $B\subseteq C\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$；

（2）Q_E是右单调递减的（记作 Mon↓），iff：若 $C\subseteq B\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$；

（3）Q_E是左单调递增的（记作↑Mon），iff：若 $A\subseteq C\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(C, B)$；

（4）Q_E是左单调递减的（记作↓Mon），iff：若 $C\subseteq A\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(C, B)$；

（5）Q_E是↓Mon↑的，iff：若 $B\subseteq C\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$，且若 $D\subseteq A\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(D, B)$；

（6）Q_E是↑Mon↓的，iff：若 $C\subseteq B\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$，且若 $A\subseteq D\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(D, B)$；

（7）Q_E是↑Mon↑的，iff：若 $B\subseteq C\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$，且若 $A\subseteq D\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(D, B)$；

（8）Q_E是↓Mon↓的，iff：若 $C\subseteq B\subseteq E$，则 $Q_E(A, B)\Rightarrow Q_E(A, C)$，且若 $D\subseteq A\subseteq E$，则 Q_E

① S. Peters, D. Westerståhl, *Quantifiers in Language and Logic*, Oxford: Claredon Press, 2006, pp. 178 – 179.

② J. Väänänen, "Unary Quantifiers on Finite Models", *Journal of Logic, Language and Information*, vol. 6, 1997, pp. 275 – 304.

③ S. Peters, D. Westerståhl, *Quantifiers in Language and Logic*, p. 165.

④ E. L. Keenan, D. Westerståhl, "Generalized Quantifiers in Linguistics and Logic", in J. van Benthem and A. ter Meulen (eds.), *Handbook of Logic and Language*, Amsterdam: Elsevier, 1997, p. 850.

⑤ G. Ben – Avi, Y. Winter, "Scope Dominance with Monotone Quantifiers over Finite Domains", *Journal of Logic, Language and Information*, vol. 13, 2004, pp. 385 – 402.

$(A, B) \Rightarrow Q_E(D, B)$;

(9) Q_E是$\uparrow_{SE}$Mon 的,iff:若 $Q_E(A, B)$且 $A \subseteq C \subseteq E$ 且 $A - B = C - B$,则 $Q_E(C, B)$;

(10) Q_E是$\uparrow_{SW}$Mon 的,iff:若 $Q_E(A, B)$且 $A \subseteq C \subseteq E$ 且 $A \cap B = C \cap B$,则 $Q_E(C, B)$;

(11) Q_E是$\downarrow_{NW}$Mon 的,iff:若 $Q_E(A, B)$且 $C \subseteq A \subseteq E$ 且 $A - B = C - B$,则 $Q_E(C, B)$;

(12) Q_E是$\downarrow_{NE}$Mon 的,iff:若 $Q_E(A, B)$且 $C \subseteq A \subseteq E$ 且 $A \cap B = C \cap B$,则 $Q_E(C, B)$;

定义 2(5)中,$\downarrow$Mon$\uparrow$表示右单调递增且左单调递减,其他与此类似。

三、⟨1⟩类型量词的单调性与其亲缘量词的单调性的关系

⟨1⟩类型量词的亲缘量词(relativized quantifier)[①]是⟨1, 1⟩类型量词,那么⟨1⟩类型量词的单调性与其亲缘量词的单调性之间必然存在密切联系。为此,笔者提出两个事实[②]:

事实 1:若⟨1⟩类型量词 Q 的亲缘量词 Q^{rel}是$\uparrow$Mon 的,则 Q 是$\uparrow_{SW}$Mon 的。

证明:假设 Q 是一个⟨1⟩类型量词,而且其亲缘量词 Q^{rel}是$\uparrow$Mon 的。对于任意的论域 E、E′,如果 $A \subseteq E \subseteq E'$ 且 $Q_E(A)$,由亲缘量词的定义知,$Q_E(A) \Leftrightarrow Q_E^{rel}(E, A)$,因此有:$Q_E(A) \Rightarrow Q_E^{rel}(E, A)$。又因为所有亲缘量词都具有扩展性,因此 $Q_{E'}^{rel}(E, A)$。再由 Q^{rel}具有左单调递增的性质可知:$Q_{E'}^{rel}(E, A)$ 蕴涵 $Q_{E'}^{rel}(E', A)$。再次利用亲缘量词的定义知:$Q_{E'}^{rel}(E', A) \Leftrightarrow Q_{E'}(A)$。可见,$Q_E(A)$且 $A \subseteq E \subseteq E' \Rightarrow Q_{E'}(A)$,根据$\uparrow_{SW}$Mon 的定义知,Q 是$\uparrow_{SW}$Mon。证毕。

J. van Benthem 发现:利用数字三角形可以非常直观地表示和理解广义量词的语义性质,比如单调性和对称性等[③]。笔者认为,利用数字三角形也能够非常直观地理解事实 1 所表示的单调性关系[④],因为在有穷论域 E 中,⟨1, 1⟩类型量词可看作自然数之间的二元关系,也即 $N \times N$ 的笛卡儿积的子集。

在图 1 的数字三角形中,以序对点(0,0)作为它的顶点。对⟨1, 1⟩类型量词 Q 来说,给定有穷论域 E,且 $A, B \subseteq E$,令$|A - B| = k$,$|A \cap B| = m$。在本文的数字三角形简图 2 ~ 图 8 中,若序对(k, m)属于具有二元关系 Q 的性质,就用“+”来表示;若序对(k, m)不具有二元关系 Q 的性质,就用“-”来表示;“→”表示从任意一个“→”所示的方向之后且有“+”的地方开始,所对应的结论都是成立的。具体到⟨1, 1⟩类型量词,在“+”号处,表示含有该量词的语句 $Q_E(A,B)$在其所对应的序对($|A - B|$, $|A \cap B|$)处成立;在“-”号处,表示 $Q_E(A, B)$在其所对应的序对($|A - B|$, $|A \cap B|$)处不成立。

⟨1⟩类型量词与其⟨1, 1⟩类型亲缘量词对应的都是同一个数字三角形;具有左单调递增的量词的数字三角形实际上蕴涵了具有西南方

(0,0)
(1,0)　(0,1)
(2,0)　(1,1)　(0,2)
(3,0)　(2,1)　(1,2)　(0,3)
(4,0)　(3,1)　(2,2)　(1,3)　(0,4)
(5,0)　(4,1)　(3,2)　(2,3)　(1,4)　(0,5)
(6,0)　(5,1)　(4,2)　(3,3)　(2,4)　(1,5)　(0,6)

图 1　数字三角形

---

① ⟨1⟩类型量词 Q 的亲缘量词 Q^{rel}的定义是:对所有的 $A \subseteq E$, $(Q^{rel})_E(A, B) \Leftrightarrow Q_A(A \cap B)$。

② 笔者提出的事实是以 S. Peters 和 D. Westerståhl 的相关工作为基础的。S. Peters, D. Westerståhl, *Quantifiers in Language and Logic*, Oxford: Claredon Press, 2006, pp. 171 – 191.

③ J. van Benthem, "Questions about Quantifiers", *Journal of Symbolic Logic*, vol. 49, 1984: 443 – 466.

④ 数字三角形简图的画法以及广义量词的不同单调性在数字三角形中的特点请参见张晓君、郝一江《广义量词的单调性与数字三角形》,《重庆理工大学学报(社会科学版)》2010 年第 3 期,第 18 ~ 24 页。

向单调递增的量词的数字三角形，这一点可从图 2 和图 3 看出来，因为图 3 中具有“+”的区域仅仅是图 2 中“+”区域的一部分。也就是说，通过数字三角形的方法可以验证事实 1 中的前提蕴涵了结论，这旁证了事实 1 的正确性。

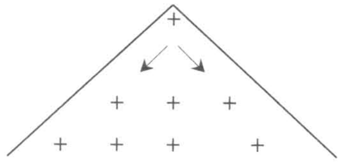

图 2　左单调递增的⟨1，1⟩类型广义量词的数字三角形

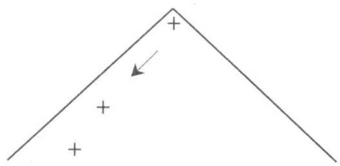

图 3　西南方向单调递增量词的数字三角形

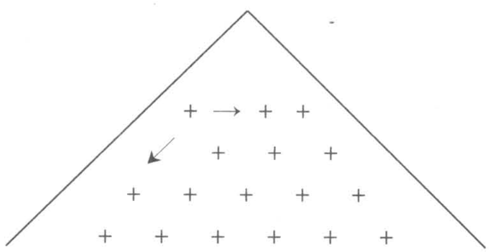

图 4　单调递增且西南方向单调递增的⟨1⟩类型量词的数字三角形

事实 1 的逆命题并不成立，但是有：

事实 2：如果⟨1⟩类型量词 Q 既是 Mon↑的又是$\uparrow_{SW}$Mon 的，那么 Q 的亲缘量词 Q^{rel} 是↑Mon的。

证明：假设 Q 是一个⟨1⟩类型量词且满足事实 2 中的前提。对于任意的论域 E，如果 $A \subseteq A' \subseteq E$ 且 $Q^{rel}_E(A, B)$，由⟨1⟩类型量词的亲缘量词的定义知，$Q^{rel}_E(A, B) \Leftrightarrow Q_A(A \cap B)$，因此就有：$Q^{rel}_E(A, B) \Rightarrow Q_A(A \cap B)$。又因为 Q 是西南方向单调递增的，因此 $Q_{A'}(A \cap B)$。再由 Q 具有单调递增的性质，可知：$Q_{A'}(A' \cap B)$。再次利用⟨1⟩类型量词的亲缘量词的定义知：$Q_{A'}(A' \cap B) \Leftrightarrow Q^{rel}_E(A', B)$。可见，$Q^{rel}_E(A, B)$ 且 $A \subseteq A' \subseteq E \Rightarrow Q^{rel}_E(A', B)$，根据↑Mon 的定义知，$Q^{rel}$ 是左单调递增的。证毕。

该定理也可以通过数字三角形直观地理解（参见图 4），图 2 中具有“+”的区域仅仅是图 4 中“+”区域的一部分，即图 4 蕴涵图 2，也即通过数字三角形的方法可以验证事实 2 中的前提蕴涵了结论。

四、同一个广义量词的不同单调性之间的关系

通过观察不同单调性的数字三角形，可以发现类似的规律。比如，图 6 中具有“+”的区域仅仅是图 5 中“+”区域的一部分，即图 5 蕴涵了图 6，因此，笔者得到事实 3：

事实 3：对于一个具有驻留性的⟨1，1⟩类型量词 Q 而言，如果 Q 是$\uparrow_{SE}$Mon 且$\downarrow_{NE}$Mon 的，那么 Q 是 Mon↑。

证明：假设 Q 是一个具有驻留性的⟨1，1⟩类型量词且满足事实 3 中的前提。对于任意的论域 E，如果 $B \subseteq C \subseteq E$ 且 $Q_E(A, B)$，令 $D = A - (C - B)$，那么 $D \subseteq A$ 且 $D \cap B = A \cap B = D \cap C$（通过画图即可知）。因为 Q 是$\downarrow_{NE}$Mon 的，根据东北方向单调递减的定义可知，$Q_E(D, B)$。再由 Q 的驻留性可知，$Q_E(D, C)$。而根据 $B \subseteq C \subseteq E$ 且 $D = A - (C - B)$ 还可得：$D \subseteq A$ 且 $D - C = A - C$。又因为 Q 是$\uparrow_{SE}$Mon 的，根据其定义可得：$Q_E(A, C)$，即从 $B \subseteq C \subseteq E$ 且 $Q_E(A, B)$ 可以推导出 $Q_E(A, C)$，故 Q 是 Mon↑。证毕。

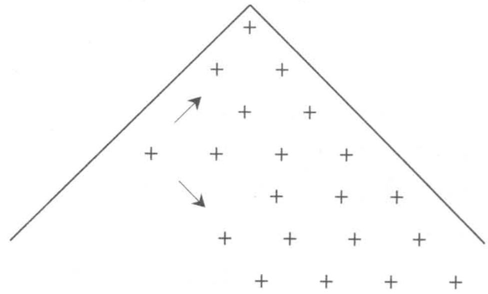

图 5　既东南方向单调递增且东北方向单调递减量词的数字三角形

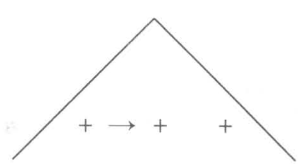

图 6　右单调递增量词的数字三角形

根据量词的数字三角形,还可以类似地提出下面这些事实,利用量词相应的单调性与相关的集合论知识可以对这些事实加以证明。如,通过观察图 7 与图 8 可以发现,图 8 中具有“+”的区域仅仅是图 7 中的“+”区域的一部分,即图 7 蕴涵了图 8,因此得到:

事实 4:对于一个具有驻留性①的〈1, 1〉类型量词 Q 而言,如果 Q 是$\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}$且$\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}$的,那么 Q 是 $\mathrm{Mon}\downarrow$。

事实 5:对于一个具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 而言,如果 Q 是$\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}$且$\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}$的,当且仅当,Q 是$\downarrow\mathrm{Mon}$的。

事实 6:对于一个具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 而言,如果 Q 是$\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}$且$\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}$的,当且仅当,Q 是$\uparrow\mathrm{Mon}$的。

事实 7②:对于一个具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 而言,如果 Q 是 $\mathrm{Mon}\uparrow$且$\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}$,当且仅当,Q 是$\uparrow\mathrm{Mon}\uparrow$。

事实 8:对于一个具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 而言,如果 Q 是 $\mathrm{Mon}\downarrow$且$\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}$,当且仅当,Q 是$\uparrow\mathrm{Mon}\downarrow$。

事实 9:如果具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 是 $\mathrm{Mon}\downarrow$且$\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}$,当且仅当,Q 是$\downarrow\mathrm{Mon}\downarrow$。

事实 10:如果具有驻留性的〈1, 1〉类型量词 Q 是 $\mathrm{Mon}\uparrow$且$\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}$,当且仅当,Q 是$\downarrow\mathrm{Mon}\uparrow$。

根据以上事实,对于具有驻留性的〈1, 1〉类型量词而言,各种单调性之间的关系可总结如下:

(1)$\uparrow\mathrm{Mon}\Rightarrow\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}$;(2)$\uparrow\mathrm{Mon}\Rightarrow\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}$;(3)$\downarrow\mathrm{Mon}\Rightarrow\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}$;(4)$\downarrow\mathrm{Mon}\Rightarrow\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}$;(5)$\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}+\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}\Rightarrow\mathrm{Mon}\uparrow$;(6)$\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}+\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}\Rightarrow\mathrm{Mon}\downarrow$;(7)$\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}+\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}\Leftrightarrow\uparrow\mathrm{Mon}$;(8)$\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}+\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}\Leftrightarrow\downarrow\mathrm{Mon}$;(9)$\mathrm{Mon}\uparrow+\uparrow_{SW}\mathrm{Mon}\Leftrightarrow\uparrow\mathrm{Mon}\uparrow$;(10)$\mathrm{Mon}\downarrow+\uparrow_{SE}\mathrm{Mon}\Leftrightarrow\uparrow\mathrm{Mon}\downarrow$;(11)$\mathrm{Mon}\downarrow+\downarrow_{NE}\mathrm{Mon}=\downarrow\mathrm{Mon}\downarrow$;(12)$\mathrm{Mon}\uparrow+\downarrow_{NW}\mathrm{Mon}\Leftrightarrow\downarrow\mathrm{Mon}\uparrow$。

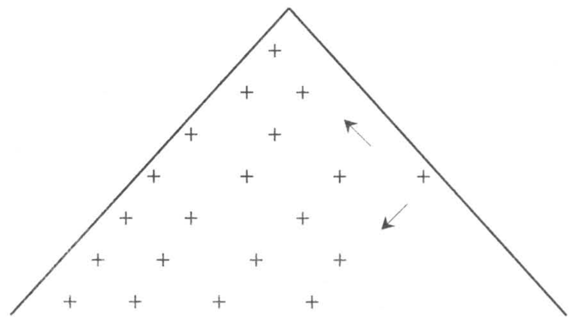

图 7　既西南方向单调递增且西北方向单调递减量词的数字三角形

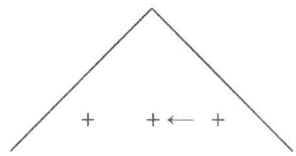

图 8　右单调递减量词的数字三角形

综上所述,〈1〉类型广义量词的单调性与其〈1, 1〉类型的亲缘量词的单调性之间、同一个〈1, 1〉类型广义量词的不同单调性之间具有转换关系,这些关系可以通过数字三角形简图加以直观验证。本文仅研究了广义量词的各种单调性之间的关系,至于广义量词的单调性与其他语义性质,如同构闭包性、驻留性、扩展性、对称性、相交性以及逻辑性之间的关系③,有待进一步研究。

责任编校:杨国平

① 一个〈1, 1〉类型量词 Q 是驻留的(conservative),当且仅当,对所有的 E 和所有的 $A, B\subseteq E$, $Q_E(A, B)\Leftrightarrow Q_E(A, A\cap B)$。具有单调性的广义量词首先得满足驻留性。

② 该事实来自于 S. Peters 和 D. Westerståhl,笔者在此提出的其他几个事实主要是受到该事实的启发。S. Peters, D. Westerståhl, *Quantifiers in Language and Logic*, Oxford: Claredon Press, 2006, p. 190.

③ 广义量词的余对称性、余驻留性与单调性的关系可参见张晓君《广义量词的相关性质研究》,《逻辑学研究》2010 年第 3 期,第 76 ~ 79 页。