

普通话朗读语句中相邻二音节之间共振峰过渡研究

颜景助

摘要 本文通过对普通话朗读语句中前音节为元音尾和后音节为零声母的相邻二音节之间的共振峰过渡的观测与研究,看到:(1)词内的这类相邻二音节之间和大部分词或短语间的这类相邻二音节之间,通常都形成了共振峰过渡段,这个共振峰过渡段的起点和终点的频率数值,主要取决于元音“V1”和“V2”的组合。在流畅的朗读语句中,词内的相邻二音节之间的共振峰过渡段的参数与词或短语间的相邻二音节之间的共振峰过渡段的参数之间,没有表现出什么完整的系统性差别。(2)有的相邻二音节,当“V2”以介音起始时,该二音节的共振峰曲线有时似断若连。(3)有的相邻二音节,当“V2”为开元音时,该二音节的共振峰曲线有时被喉塞隔开。(4)有些词或短语间的相邻二音节的共振峰曲线,往往因停顿而断开。当停顿的时长达到或接近朗读语句中自然停顿时长的期望值时,“V1”与“V2”之间便不再出现共振峰过渡现象。以上4种现象中,(2)和(3)两种现象,当朗读熟练和流畅时,会大大减少,或可避免;而(1)和(4)两种现象,是惯常出现的。

1. 引言

语言学家 G.L.Trager 和 B.Bloch 于 1941 年首先提出了音联(juncture)的概念。音联指的是自然语言中各种语音单元之间的连接和分界。许毅(1986)对汉语普通话中的音联现象作了声学语音学分析,初步归纳出汉语普通话中有四个不同等级的音联:闭音联、音节音联、节奏音联和停顿音联。本文研究普通话朗读语句中前音节为元音尾和后音节为零声母的相邻二音节(包括词内的和词或短语间的相邻二音节)之间的音联,主要研究“C1V1”和“V2”之间的频谱连接。对单念的前音节为元音尾和后音节为零声母的普通话二音节之间的共振峰过渡的研究表明,由于音节间的协同发音作用,在这类二音节之间都形成了共振峰过渡段,且当前音节元音尾音位与后音节起始元音音位的舌位相距越大时,这种共振峰过渡也越明显(颜景助,1994-1995)。据此推知,在普通话朗读语句中,词内的这类相邻二音节的频谱一般也是由共振峰过渡段连接起来的。但是,还不知道,在普通话朗读语句中,词或短语间的这类相邻二音节的频谱是否也是由共振峰过渡段连接起来的;以及,在普通话朗读语句中,这类相邻二音节之间是否总是由共振峰过渡段连接起来的。本文打算通过对普通话朗读语句中词内的和词或短语间的这类相邻二音节之间的共振峰过渡现象的观测和研究,来解答上述问题。

本文由实验 1 和实验 2 两部分组成。实验 1 主要对普通话朗读语句中相邻二音节之间的共振峰过渡现象进行观测和研究。实验 2 主要对普通话朗读语句中某些相邻二音节之间的共振峰过渡模式进行较为系统的研究。

2.1 实验 1

2.1.1 实验材料

本实验分析、研究用的语音材料，取自祖漪清设计的“语音识别语料库”，是一位北京本地男发音人（以下简称 Cai）朗读的 209 个普通话语句。这些语句的长度为六、七个到二十个音节不等。下面是其中几个例子：

- ① 乡下有句老话
- ② 属于发展中国家
- ③ 这位外交官叫海恩斯·马奥尼
- ④ 代之以“忠于澳大利亚及其人民”新内容
- ⑤ 总面积五点六三平方公里
- ⑥ 既享受了党和政府引水之甜
- ⑦ 各国应该把握这一机会
- ⑧ 某些商业银行还采取故意截留借方余额的手段

首先，我们对 Cai 的 209 个普通话朗读语句中的自然停顿的时长进行观测统计。当然，这种自然停顿不包括塞音或塞擦音爆破前的无声段，这种无声段在该朗读语句中不过 30-50ms，而朗读语句中的自然停顿的时远远超过 30-50ms。从实际观测中看到，不是每个普通话朗读语句中都有停顿，在 Cai 的 209 个普通话朗读语句中，我们仅发现 175 处自然停顿。表 1.1 给出这 175 个自然停顿时长数据的分布情况。

表 1.1 朗读语句中自然停顿时长数据的分布

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|-------|-----|-----|-------|------|------|------|
| 档级 (ms) | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 |
| 出现频率 (%) | 1.14 | 3.43 | 8.57 | 13.14 | 24 | 24 | 15.43 | 8.57 | 1.14 | 0.57 |

从表 1.1 可知，在 Cai 的普通话朗读语句中，其自然停顿的时长数据尽管有一定的波动范围，但还是可以看出，其自然停顿时长的期望值大约在 400-450ms 之间。

接着，我们又对 Cai 的 209 个普通话朗读语句的朗读速度（以下称语速）一一进行观测。表 1.2 给出这 209 个普通话朗读语句的语速数据的分布情况。这儿，语速的单位，我们用每秒音节数表示，即音节数/秒。

表 1.2 朗读语句语速数据的分布

| | | | | | | | | |
|------------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|
| 档级 (音节数/秒) | 3.5 | 3.75 | 4 | 4.25 | 4.5 | 4.75 | 5 | 5.25 |
| 出现频率 (%) | 1.4 | 6.3 | 23.6 | 36.1 | 15.9 | 12 | 3.8 | 1 |

从表 1.2 可知，Cai 的 209 个普通话朗读语句的语速在 3.5 个音节/秒到 5.25 个音节/秒之间波动。但语速为 3.5 个音节/秒的出现率仅为 1.4%，语速为 5.25 个音节/秒的出现率仅为 1%。所以，总的来说，Cai 的这些普通话朗读语句的语速大部分在 4 个音节/秒左右。

最后，我们对普通话朗读语句中的自然停顿的长度与语速的关系进行了分析研究。这儿，对自然停顿长度给出两种度量方式：一种是绝对长度，本文称作自然停顿时长，以毫秒 (ms) 度量；另一种是与语速有关的相对长度，本文称作自然停顿音节数，以音节数度量。

表 1.3 给出 Cai 的普通话朗读语句中各种语速下的自然停顿长度的平均值与标准差。从表 1.3 可知，在语速为 3.75 音节/秒到 5 音节/秒的范围内，平均自然停顿时长是平稳的，其值在 420ms 左右波动；平均停顿时长减一个标准差的数据大约在 320ms-360ms 之间波动；平均停

表 1.3 普通话朗读语句中自然停顿长度与语速对照表

| | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| 语速 (音节数/秒) | 3.75 | 4 | 4.25 | 4.5 | 4.75 | 5 |
| 自然停顿时长 (ms) | 427 | 419 | 418 | 426 | 418 | 418 |
| 标准差 (ms) | 86 | 88 | 81 | 64 | 107 | 96 |
| 自然停顿音节数 (音节数) | 1.77 | 1.65 | 1.83 | 1.90 | 2.06 | 2.13 |
| 标准差 (音节数) | 0.15 | 0.38 | 0.35 | 0.30 | 0.46 | 0.50 |

顿时长加一个标准差的数据大约在 490ms-520ms 之间波动。又,从表 1.3 可知,当语速从 4 音节/秒渐渐加快到 5 音节/秒时,平均自然停顿长度从 1.65 音节渐渐增加到 2.13 音节,大约增加了 0.5 音节。平均自然停顿长度减一个标准差的数据,大约在 1.3 音节至 1.6 音节之间波动;平均自然停顿长度加一个标准差的数据,大约在 1.9 音节至 2.6 音节之间波动。上述结果表明,在 Cai 的普通话朗读语句中,当语速不同时,尽管每次自然停顿的绝对长度波动不定,但还是可以看出,在不同语速时,自然停顿的绝对长度有相近的期望值。就自然停顿的相对长度而言,自然停顿音节数将随语速的加快而增加,当语速从 4 音节/秒加快到 5 音节/秒时,自然停顿长度大约增加 0.5 音节。

2.1.1.2 实验结果

本实验主要观测普通话朗读语句中,前面音节为元音尾和后面音节为零声母的相邻二音节之间的共振峰过渡现象。所涉及的“二音节”,可能处于一个词内,如例句②中的“属于”,也可能处于两个词之间或词与短语之间,如例句①中的“下有”。为了便于叙述,本文以下对处于一个词内的“相邻二音节”用“C1V1-V2”表示,而对处于词或短语之间的“相邻二音节”用“C1V1+V2”表示。这儿,“C1”和“V1”分别表示“前面音节”的辅音和元音,而“V2”则表示“后面音节”的元音。在 kay5500 语图仪上,我们观测了 Cai 的普通话朗读语句中有关的“C1V1-V2”和“C1V1+V2”的频谱模式。现在把观测结果报告如下:

1. “C1V1-V2”的共振峰曲线和大部分“C1V1+V2”的共振峰曲线一般都是连续的。本文原打算就现有的语料,对“C1V1-V2”与“C1V1+V2”的共振峰过渡进行一些必要的研究。但是,从现有的语料来看,很少有构成对比的“C1V1-V2”和“C1V1+V2”的样品。所以,本文在实验 2 将增加一些语料,再对“C1V1-V2”的共振峰过渡和“C1V1+V2”的共振峰过渡进行较系统的研究。而在本实验 1 中,我们仅报告所观测的“C1V1”和“V2”两个音节之间的共振峰过渡段的时长参数,详见表 1.4。

从表 1.4 可知,当前音节为/i/和后音节为/a-/时,缺少/i/-/a-/的样品,而/i/+/a-/也只有一个样品,其共振峰过渡段的时长为 89ms,是该二音节中韵母总时长的 30%;当前音节为/i/和后音节为/i-/时,/i/-/i-/的共振峰过渡段的平均时长为 33ms,是/i/和i-/中韵母总时长的 10%,而/i/+/i-/的共振峰过渡段的平均时长为 47ms,是/i/和i-/中韵母总时长的 13%;又例如,当前音节为/u/和后音节为/i-/时,/u/-/i-/的共振峰过渡段的平均时长为 76ms,是二音节中韵母总时长的 26%,/u/+/i-/的共振峰过渡段的平均时长为 93ms,是/u/和i-/中韵母总时长的 26%。总之,观测结果表明,尽管有些“V1”和“V2”的组合只有一个样品,并且还缺少一些必要的组合,但还是可以看出,“V1”与“V2”发音部位不同时的共振峰过渡段的时长要比“V1”与“V2”发音部位相同或相近时的共振峰过渡段的时长要长一些;“V1+V2”的共振峰过渡段的时长可能要比“V1-V2”的共振峰过渡段的时长略长一些。

2. 上面说了,在“C1V1-V2”和大多数“C1V1+V2”中,其“V1”的共振峰曲线和“V2”的共振峰曲线是通过共振峰过渡段而平滑连接的情况。下面再来看图 1.1 和图 1.2。

表 1.4 共振峰过渡段时长(ms)及其与前后二音节韵母总时长的比值

| | | 后 | | | 音 | | 节 | | |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | /a-/ | /o(u)/ | /e/ | /e(n)/ | /er/ | /i-/ | /u-/ | /y-/ |
| 前 | - | | | | | | 33,10% | 72,20% | 33,11% |
| | /i/ + | *89,30% | | | | | 47,13% | *78,22% | 56,12% |
| 音 | - | | | | | | 33,10% | | |
| | /-(a)i/ + | *85,23% | | *64,28% | | | 58,15% | 95,27% | |
| 节 | - | | | | *58,20% | 34,10% | 83,24% | 44,11% | |
| | /-(e)i/ + | *89,26% | | | 73,20% | 63,18% | 73,21% | | |
| | - | | 107,26% | | | 30,10% | 83,21% | 28,10% | |
| | /y/ + | | | | | 57,14% | 80,29% | | |

表 1.4 共振峰过渡段时长(ms)及其与前后二音节韵母总时长的比值 (续)

| | | 前 | | | 音 | | 节 | |
|---|--------|----------|---------|---------|--------|------|---------|--------|
| | | /-a/ | /-(a)o/ | /-(u)o/ | /e/ | /er/ | /-(o)u/ | /u/ |
| 后 | - | 79,24% | 80,23% | 65,20% | 56,20% | | 64,19% | 76,26% |
| | /i/ + | 96,28% | 91,22% | 87,21% | 76,23% | | 73,19% | 93,26% |
| 音 | - | *100,28% | 79,20% | | | | *72,16% | 64,20% |
| | /y-/ + | | | | 96,20% | | *61,19% | |

表中，“*”表示只有一个样品，空白处表示无样品，“-”表示是“C1V1-V2”的数据，“+”表示是“C1V1+V2”的数据。

图 1.1 是一普通话朗读语句中“...这位外交官...”的宽带语图。从该语图可见，“这”与“位”的连接处的第一共振峰的频率以及“位”与“外”的连接处的第一共振峰的频率都很低，大约都相当于基频的频率，而它们的连接处的第二共振峰的能量和第三共振峰的能量也都很低，看起来，“这”的共振峰曲线和“位”的共振峰曲线以及“位”的共振峰曲线和“外”的共振峰曲线都是似断若连的。这种现象，是由于“V1”和“V2”联结得不够紧密，而“V2”又是以半元音起始的缘故。图 1.2 是一普通话朗读语句中“...忠于澳大利亚...”的宽带语图。从该语图可知，“于”有 45ms 后过渡，接着是 58ms 喉塞无声段。这种现象，是由于“V1”和“V2”分属于两个词或短语，而“V2”又是开元音的缘故。

3. 我们还看到，一些“C1V1+V2”的共振峰曲线不连续，在“C1V1”和“V2”之间是一段无声段，即停顿。表 1.5 给出一些观测到的实例。

表 1.5 普通话朗读语句中词或短语间停顿实例

| 例句摘要 | 现象 |
|------------|--|
| 享受与家人 | “受”和“与”之间有 194ms (0.86 音节) 停顿; “受”有 67ms 后过渡 |
| 政府引水 | “府”和“引”之间有 238ms (0.99 音节) 停顿; “府”有 45ms 后过渡 |
| 既擦碗筷又... | “筷”和“又”之间有 350ms (1.51 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 民工潮引发... | “潮”和“引”之间有 353ms (1.61 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 总面积五点... | “积”和“五”之间有 386ms (1.71 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 波黑有... | “黑”和“有”之间有 395ms (1.69 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 鱼苗一百... | “苗”和“一”之间有 414ms (1.96 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 独立后又... | “后”和“又”之间有 433ms (1.82 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 各国应该... | “国”和“应”之间有 433ms (2.11 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 五年内有... | “内”和“有”之间有 438ms (2.19 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 建筑依山... | “筑”和“依”之间有 439ms (1.88 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 总面积为... | “积”和“为”之间有 463ms (2.07 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 对...者一律... | “者”和“一”之间有 492ms (2.25 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |
| 工作一时... | “作”和“一”之间有 505ms (2.20 音节) 停顿; 前音节无后过渡 |

表中，“例句摘要”是从朗读语句中摘出来的。

在普通话朗读语句中，分属于两个词或短语的“C1V1”和“V2”，有的会因停顿而断开。但在停顿长度较短时，“V1”尚有后过渡现象。从表 1.5 可知，在一普通话朗读语句“...享受与家人...”中，“受”和“与”之间有 194ms 停顿，相当于停顿 0.86 音节，“受”有 67ms 后过渡。但在另一普通话朗读语句“...既擦碗筷又...”中，“筷”和“又”之间有 350ms 停顿，相当于停顿 1.51 音节，前音节“筷”无后过渡。同时，从表 1.5 可知，当“C1V1”和“V2”之间的停顿时长在 350ms 以上、停顿 1.51 音节以上时，前音节都无后过渡现象。在关于实验材料的讨论中，我们已经知道，Cai 的普通话朗读语句的语速是在 4 音节左右/秒波动；相应的，朗读语句中平均自然停顿长度是在 1.7 音节至 2.1 音节之间波动，平均自然停顿长度减一个标准差的数据是在 1.3 音节至 1.6 音节之间波动，而平均自然停顿长度加一个标准差的数据是在 1.9 音节至 2.6 音节之间波动。所以，很明显，表 1.5 中“C1V1”和“V2”之间停顿时长在 350ms 以上、停顿 1.51 音节以上的各个实例的数据，都在平均自然停顿长度加、减一个标准差的范围之内。因此，实验结果表明，在普通话朗读语句中，有的“C1V1+V2”的共振峰曲线会因停

顿而断开，当停顿的长度较短（例如，短于 1 音节）时，“V1”尚有后过渡现象；而当停顿的长度达到或接近朗读语句中自然停顿长度的期望值时，“V1”不再有后过渡现象。

2.2 实验 2

2.2.1 实验材料

我们专门为本实验构造了 40 个普通话语句，每个语句的长度都在 14 个音节以上，多者为 20 个音节。以下是几个例子：

- ① 班长胡医说老贺意见与老郭意见几乎相反
- ② 会上西玉说前河渔工后河渔工都要学习技术
- ③ 前天小曲阿哥说东郭鱼场不许殴打渔工
- ④ 后院张阿姨说喜阿和许阿从小一块长大
- ⑤ 罗西阿哥劝导说洪湖鱼场不许鹅群靠近
- ⑥ 眼下许欧和小许二哥正在洗鱼洗菜
- ⑦ 听说曲玉和罗西二哥正在清洗鱼塘
- ⑧ 小胡姨婆住在许仪三厂是贺玉的右邻
- ⑨ 刘息武是沙河玉石厂玉娥车间工人

另外，为了便于对普通话朗读语句中“C1V1”与“V2”之间的共振峰过渡段两端，即共振峰过渡段起点（V1 的后稳定点）和共振峰过渡段终点（V2 的前稳定点），进行比较分析，我们还把普通话朗读语句中所涉及的“C1V1”和“V2”专门摘出，请发音人一个音节一个音节地单念，以便对比研究。这儿，所涉及的音节一共有 47 个，它们是：大 达 阿 打 欧 殴 二 耳 贺 鹅 何 河 饿 娥 额 郭 武 无 午 污 胡 湖 仪 艺 锡 饥 一 医 姨 意 习 洗 席 西 息 喜 曲 许 遇 渔 距 巨 去 玉 雨 鱼 语。

本实验的 40 个句子和 47 个单音节仍由 Cai 朗读和发音。录音工作是在语言研究所语音研究室的录音室进行的。

2.2.2 实验目的和方法

本实验的目的是研究普通话朗读语句中前一音节为元音尾（C1V1）和后一音节为零声母音节（V2）的相邻二音节之间的共振峰过渡特性。这儿，“V1”限为 /a, uo, er, e, u, i, y/ 和“V2”限为 /i, y/ 以及“V1”限为 /i, y/ 和“V2”限为 /a, ou, er, e, u, i, y/。

本实验所使用的观测仪器是 Kay 5500 语图仪。Cai 的每个普通话朗读语句中所涉及的“C1V1-V2”和“C1V1+V2”的共振峰过渡参数，以及单念的 47 个音节的有关声学参数，都在 Kay 5500 语图仪上一一观察、测量。对于“C1V1”与“V2”之间共振峰过渡段的切分，我们主要根据共振峰走势，结合听辨试验来进行。例如，对普通话朗读语句“小胡姨婆...”中的“胡姨”（见图 2.1）来说，其频谱模式，不等于单念的“胡”频谱加单念的“姨”频谱。“胡”的前端受“小”的作用，产生了“前过渡”，而“姨”的后端受“婆”的作用，产生了“后过渡”；我们感兴趣的是，由于“胡”和“姨”之间的相互作用，在“胡”和“姨”之间产生了平滑的共振峰过渡段，这个过渡段的前面部分是“胡”的“后过渡”，其后面部分是“姨”的“前过渡”。问题是怎样辨识“胡”和“姨”之间的共振峰过渡段。为此，我们利用 Kay 5500 语图仪的切音机能，首先切出“胡”音节，再切出“姨”音节。这样，两个音节之间的部分便是“胡”和“姨”之间的过渡段。实际上，从切音听辨得到的共振峰过渡段的起点和终点的位置，与从共振峰的走势确定的位置是一致的。本实验，对所涉及的“C1V1”与“V2”之间的共振峰过渡段，都在 Kay 5500 语图仪上，根据共振峰走势，结合切音听辨来仔细切分，然后，

对其时长数据和共振峰频率数据一一测量，以备分析研究时使用。

2.2.3 实验结果

本实验所分析的语音材料是 Cai 朗读的 40 个句子。朗读的速度在 4 音节左右/秒波动，与实验 1 的语速大致相同。本实验共有“V1-V2”组合和“V1+V2”组合各 24 个，每个组合有 2-3 个例子。图 2.2 是实验得到的这些组合的共振峰过渡段的前三条共振峰曲线简图。图中，对过渡段的第一共振峰曲线和第二共振峰曲线都分别用一段直线近似表示，而对一些第三共振峰曲线则用两段直线（即直折线）近似表示。下面是有关的实验结果：

1. 共振峰过渡段的时长

表 2.1 给出各种“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段的时长，它们分别是 2-3 个数据的平均值。表中，“-”表示是“V1-V2”的数据，“+”表示是“V1+V2”的数据。

表 2.1 共振峰过渡段的时长 (ms) 及其与前后两个音节中韵母总时长的比值 (百分数)

| | | 前 音 节 元 音 | | | | | | | |
|-----------------------|------|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | | /i/(-) | | /i/(+) | | /y/(-) | | /y/(+) | |
| 后 音 节 元 音 | /a/ | 96 | 22% | 82 | 29% | 91 | 25% | 85 | 29% |
| | /ou/ | 80 | 24% | 82 | 25% | 81 | 21% | 81 | 24% |
| | /er/ | 79 | 24% | 72 | 27% | 77 | 23% | 78 | 27% |
| | /e/ | 95 | 26% | 89 | 29% | 87 | 22% | 71 | 22% |
| | /u/ | 86 | 25% | 88 | 27% | 90 | 28% | 88 | 30% |
| | /i/ | 50 | 15% | 58 | 17% | 47 | 15% | 65 | 21% |
| | /y/ | 60 | 17% | 66 | 20% | 61 | 15% | 55 | 17% |

表 2.1 (续)

| | | 后 音 节 元 音 | | | | | | | |
|-----------------------|------|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | | (-)/i/ | | (+)/i/ | | (-)/y/ | | (+)/y/ | |
| 前 音 节 元 音 | /a/ | 89 | 23% | 100 | 27% | 87 | 25% | 100 | 24% |
| | /uo/ | 75 | 22% | 83 | 24% | 78 | 22% | 77 | 23% |
| | /er/ | 90 | 23% | 89 | 24% | 89 | 24% | 99 | 24% |
| | /e/ | 72 | 22% | 77 | 26% | 81 | 21% | 75 | 22% |
| | /u/ | 82 | 22% | 84 | 31% | 89 | 24% | 81 | 29% |

首先来看共振峰过渡段的绝对时长。从表 2.1 可知，对于 /i/-V2、/y/-V2、V1-/i/ 和 V1-/y/ 的各种组合来说，其中音位相同或相近的 /i/-/i/、/y/-/y/、/i/-/y/ 或 /y/-/i/ 组合的共振峰过渡段的时长一般为 50-60ms，而其余组合的共振峰过渡段的时长大多在 80ms 左右。对于 /i/+V2、/y/+V2、V1+/i/ 和 V1+/y/ 的各种组合来说，其中音位相同或相近的 /i+/i/、/y+/y/、/i+/y/ 或 /y+/i/ 组合的共振峰过渡段的时长一般为 60-70ms，而其余组合的共振峰过渡段的时长大多也在 80ms 左右。

再来看共振峰过渡段的相对时长，即共振峰过渡段时长与相应两个音节中韵母总时长的比值。从表 2.1 可知，对于 /i/-V2、/y/-V2、V1-/i/ 和 V1-/y/ 的各种组合来说，其中音位相同或相近的 /i/-/i/、/y/-/y/、/i/-/y/ 或 /y/-/i/ 组合的共振峰过渡段的相对时长大致在 15% 左右，其余组合的共振峰过渡段的相对时长大致在 20%-25%。对于 /i/+V2、/y/+V2、V1+/i/ 和 V1+/y/ 的各种组合来说，其中音位相同或相近的 /i+/i/、/y+/y/、/i+/y/ 或 /y+/i/ 组合的共振峰过渡段的相对时长大致

在 15%-20%，而其余组合的共振峰过渡段的相对时长大致在 25%-30%。

上述结果表明，在语速约 4 音节/秒的普通话朗读语句中，“V1-V2”组合的共振峰过渡段的绝对时长数据与“V1+V2”组合的共振峰过渡段的绝对时长数据之间没有显示出系统性的差别。但是，这两类组合的相对时长（即共振峰过渡段的绝对时长与相关两个音节中韵母总时长的比值）数据之间却显示有差别的迹象。即不少“V1-V2”的共振峰过渡段的相对时长要比“V1+V2”的共振峰过渡段的相对时长稍稍低一点。

2. 共振峰过渡段起点和终点的频率参数

从图 2.2 可以看到各个 V1 和 V2 组合的共振峰过渡段的起点和终点的频率数值。为了便于分析研究，表 2.2 和表 2.3 分别列出前音节的元音为 /i, y/ 而后音节为零声母时共振峰过渡段起点频率的标称值和终点频率的标称值。比如，从表 2.2 可知，/i/-/a/ 组合的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率标称值分别为 1.13、1.01 和 0.98；又，从表 2.3 可知，/i/-/a/ 组合的共振峰过渡段终点的前三个共振峰频率标称值分别为 0.91、1.07 和 0.97。表 2.4 和表 2.5 分别列出后音节的元音为 /i, y/ 而前音节为元音尾时共振峰过渡段起点频率的标称值和终点频率的标称值。比如，从表 2.4 可知，/a/-/i/ 组合的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率标称值分别为 0.97、1.05 和 1.00。又，从表 2.5 可知，/a/-/i/ 组合的共振峰过渡段终点的前三个共振峰频率标称值分别为 1.04、0.95 和 0.91。这儿，所谓共振峰过渡段起点频率的标称值，是以共振峰过渡段起点的频率，也就是前音节中“V1”后端的共振峰稳定值，除以“C1V1”单念时结尾的共振峰频率而得到的相对量值；而所谓共振峰过渡段终点频率的标称值，则是以共振峰过渡段终点的频率，也就是后音节“V2”前端的共振峰稳定值，除以“V2”单念时起始的共振峰频率而得到的相对量值。

表 2.2 /C1i/、/C1y/ 和 V2 之间的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率的标称值

| | 前 音 节 元 音 | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|------|
| | /i/ (-) | | | /i/ (+) | | | /y/ (-) | | | /y/ (+) | | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | |
| 后 | /a/ | 1.13 | 1.01 | 0.98 | 1.17 | 1.01 | 0.94 | 0.95 | 1.06 | 1.02 | 1.00 | 1.06 | 1.03 |
| 音 | /ou/ | 1.09 | 1.02 | 0.88 | 1.13 | 0.99 | 0.87 | 0.88 | 1.07 | 1.06 | 0.97 | 1.02 | 1.02 |
| 节 | /er/ | 1.09 | 0.99 | 0.93 | 1.10 | 1.01 | 0.93 | 0.91 | 1.02 | 0.97 | 1.03 | 1.00 | 0.95 |
| 元 | /e/ | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.06 | 0.90 | 0.99 | 1.06 | 1.04 | 0.96 | 1.06 | 1.03 |
| 音 | /u/ | 1.05 | 1.05 | 0.90 | 1.11 | 1.02 | 0.90 | 0.89 | 1.07 | 1.01 | 0.96 | 1.00 | 1.00 |
| | /i/ | 0.96 | 1.03 | 1.06 | 0.93 | 1.01 | 1.08 | 0.76 | 1.12 | 1.19 | 0.89 | 1.11 | 1.15 |
| | /y/ | 0.93 | 1.03 | 1.03 | 0.90 | 1.03 | 1.04 | 0.77 | 1.09 | 1.07 | 0.74 | 1.08 | 1.03 |

表 2.3 /C1i/、/C1y/ 和 V2 之间的共振峰过渡段终点的前三个共振峰频率的标称值

| | 前 音 节 元 音 | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
| | /i/ (-) | | | /i/ (+) | | | /y/ (-) | | | /y/ (+) | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | /a/ | 0.91 | 1.07 | 0.97 | 0.89 | 1.06 | 0.95 | 0.83 | 1.04 | 0.95 | 0.82 | 1.04 | 0.93 | |
| 后 | /ou/ | | 0.83 | 1.16 | 0.88 | | 0.93 | 1.08 | 0.89 | 0.86 | 1.14 | 0.85 | 0.96 | 1.15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 0.86 |
| 音 | /er/ | 0.88 | 1.09 | 1.14 | 0.88 | 1.05 | 1.11 | 0.81 | 1.01 | 1.10 | 0.91 | 0.99 | 1.05 | |
| 节 | /e/ | 0.92 | 1.12 | 0.98 | 0.79 | 0.95 | 0.99 | 0.87 | 0.95 | 1.00 | 0.85 | 0.92 | 0.99 | |
| 元 | /u/ | 1.09 | 1.23 | | 1.07 | 1.26 | | 1.07 | 1.39 | | 1.02 | 1.23 | | |
| 音 | /i/ | 1.00 | 0.97 | 0.98 | 0.91 | 0.97 | 1.01 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.98 | 0.97 | 0.99 | |
| | /y/ | 0.96 | 0.99 | 1.06 | 0.90 | 1.03 | 1.05 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.93 | 0.97 | 0.98 | |

表 2.4 C1V1 和/i\、/y/之间的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率的标称值

| | 后 音 节 元 音 | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|
| | (-) /i/ | | | (+) /i/ | | | (-) /y/ | | | (+) /y/ | | | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | | |
| 前 | /a/ | 0.97 | 1.05 | 1.00 | 0.98 | 1.06 | 1.02 | 0.97 | 1.07 | 1.01 | 0.94 | 0.98 | 1.09 | |
| 音 | /uo/ | | 0.85 | 1.20 | 0.92 | 0.90 | 1.19 | 0.89 | 0.84 | 1.20 | 0.89 | 0.90 | 1.21 | 0.90 |
| 节 | /er/ | 0.93 | 1.05 | 1.08 | 0.92 | 1.05 | 1.08 | 0.97 | 1.05 | 1.14 | 0.92 | 1.02 | 1.04 | |
| 元 | /e/ | 0.75 | 1.09 | 1.01 | 0.81 | 1.00 | 1.00 | 0.82 | 1.02 | 1.00 | 0.83 | 1.01 | 0.98 | |
| 音 | /u/ | 1.02 | 1.12 | | 1.08 | 1.16 | | 1.06 | 1.14 | | 0.98 | 1.12 | | |

表 2.5 C1V1 和/i\、/y/之间的共振峰过渡段终点的前三个共振峰频率的标称值

| | 后 音 节 元 音 | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|------|------|
| | (-) /i/ | | | (+) /i/ | | | (-) /y/ | | | (+) /y/ | | | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | | |
| 前 | /a/ | 1.04 | 0.95 | 0.91 | 0.96 | 0.94 | 0.96 | 1.02 | 0.96 | 1.09 | 0.94 | 0.98 | 1.09 | |
| 音 | /uo/ | | 1.07 | 0.99 | 0.92 | 0.96 | 0.98 | 0.97 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 0.97 | 1.01 | 1.06 |
| 节 | /er/ | 1.00 | 0.94 | 0.91 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 1.07 | 0.90 | 0.98 | 1.03 | 0.91 | 0.99 | |
| 元 | /e/ | | 1.00 | 0.97 | 0.90 | 1.00 | 0.97 | 0.90 | 1.02 | 0.96 | 1.07 | 0.98 | 0.98 | 1.11 |
| 音 | /u/ | 1.00 | 1.00 | 0.87 | 1.02 | 1.05 | 0.96 | 1.02 | 0.96 | 0.97 | 0.93 | 1.05 | 1.00 | |

从表 2.2-2.5 可知，在总共 280 个标称值数据中，绝大多数标称值数据的数值，不是大于 1.00 就是小于 1.00，而等于 1.00 的只有 18 个。这表明，在普通话朗读语句中，紧密相连的“C1V1”和“V2”之间的共振峰过渡段的起点和终点的共振峰频率，也就是“V1”后端的共振峰稳定

值和“V2”前端的共振峰稳定值，一般都或多或少地偏离了“C1V1”和“V2”单念时的共振峰目标值。

下面仅根据表 2.2-2.5 的数据对前音节为 C1/i,y/和后音节为/a,ou,er,e/以及前音节为 C1/a,uo,er,e/和后音节为/i,y/的共振峰过渡段的起点和终点的前三个共振峰频率标称值进行一些比较分析。

从表 2.2 可知，当“V1”为/C1i/和“V2”为/a,ou,er,e/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率标称值都没有明显差别：二者 F1 的标称值一般在 1.10 左右；F2 的标称值一般大于和接近于 1.00；F3 的标称值一般大于 0.90。当“V1”为/C1y/和“V2”为/a,ou,er,e/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率标称值也都没有明显差别：二者 F1 的标称值一般都在 0.95 左右；F2 的标称值一般在 1.05 左右；F3 的标称值一般大于和接近于 1.00。

从表 2.3 可知，当“V1”为/C1i/和“V2”为/a,ou,er,e/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F1 标称值没有明显差别，其值一般都在 0.90 左右；而“V1-V2”的共振峰过渡段终点的 F2 标称值一般在 1.10 左右，“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F2 标称值一般在 1.05 左右，二者之间显示有差别迹象；“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F3 标称值一般大于 0.95，二者之间没有明显差别。当“V1”为/C1y/和“V2”为/a,ou,er,e/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的前三个共振峰频率标称值，一般都没有明显差别：二者的 F1 标称值一般在 0.85 左右；F2 标称值一般大于和接近于 1.00；F3 标称值一般大于 0.95。

从表 2.4 可知，当“V1”为/a,uo,er,e/和“V2”为/i/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段起点前三个共振峰频率标称值没有明显差别：其 F1 和 F2 的标称值一般分别在 0.90 左右和 1.05 左右，F3 的标称值一般大于和接近于 1.00。当“V1”为/a,uo,er,e/和“V2”为/y/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段起点的前三个共振峰频率标称值也都没有明显差别：其 F1 和 F2 的标称值一般分别在 0.90 左右和 1.05 左右，F3 的标称值一般大于 0.95。

从表 2.5 可知，当“V1”为/a,uo,er,e/和“V2”为/i/时，“V1-V2”的共振峰过渡段终点的 F1 标称值一般大于和接近于 1.00，“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F1 标称值一般在 0.95 左右，二者之间显示有差别迹象；“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F2 和 F3 的标称值都没有明显差别，其值分别在 0.95 左右和 0.90 以上。当“V1”为/a,uo,er,e/和“V2”为/y/时，“V1-V2”的共振峰过渡段终点的 F1 标称值一般大于和接近于 1.00，“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F1 标称值一般在 0.95 左右，二者之间显示有差别迹象；“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F2 和 F3 的标称值都没有明显差别，其值分别在 0.95 左右和 1.05 左右。

从上述结果可以看到：(1) 对普通话朗读语句中的相邻二音节“C1V1”和“V2”来说，当“V1”为/i,y/和“V2”为/a,ou,er,e/以及“V2”为/i,y/和“V1”为/a,uo,er,e/时，其两音节间共振峰过渡段起点和终点的前三个共振峰频率，即“V1”后端的和“V2”前端的共振峰稳定值，一般是“V1”和“V2”单念时共振峰目标值的 0.90-1.10 倍。也就是说，一般可能有 10%的偏差幅度。至于是正偏还是负偏，主要取决于“V1”和“V2”的实际元音组合。例如，当“V1”为/i/和“V2”为/a,ou,er,e/时，/i/后端的 F1 稳定值，由于受“V2”高 F1 的作用，一般要高于其单念时的 10%左右；而“V2”前端的 F1 稳定值，由于受/i/低 F1 的作用，一般要低于其单念时的 10%左右。(2) “-”和“+”两个系列之间的差别迹象之一：由上述结果可知，当“V1”为/i/和“V2”为/a,ou,er,e/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终点的 F2 标称值一般分别为 1.10 左右和 1.05 左右，即二者“V2”前端的 F2 稳定值有差别迹象。这可以解释为，当“V1”(i)与“V2”结合得越紧密，“V2”前端 F2 的稳定值就越容易受“V1”(i)高 F2 的作用，而达到更高的数值。(3) “-”和“+”两个系列之间的差别迹象之二：由上述结果可知，当“V1”为/a,uo,er,e/和“V2”为/i,y/时，“V1-V2”和“V1+V2”的共振峰过渡段终

点的 F1 标称值略有差别。前者大于和接近于 1.00, 而后者为 0.95 左右。即二者“V2”前端的 F1 稳定值有差别迹象。这可以解释为, 当“V2”(i,y)与“V1”结合得越紧密, “V2”(i,y)前端 F1 的稳定值就越容易受“V1”高 F1 的作用, 而达到更高的数值。

3. 共振峰过渡段模式

从图 2.2 可见, 在普通话朗读语句中, 紧密相连的“C1V1”和“V2”之间的共振峰过渡曲线(尤其是前两条共振峰曲线), 一般是平滑连续的, 在本研究中仅处理为直线形式。当“V1”与“V2”同为/i,y/时, 其共振峰过渡段的前三条共振峰曲线, 可分别用斜率不同的直线来近似描述; 当“V1”为/i,y/\、 “V2”为其它元音, 或者“V2”为/i,y/\、 “V1”为其它元音时, 其共振峰过渡段的前两条共振峰曲线可分别用斜率不同的直线来近似描述, 而其共振峰过渡段的第三条共振峰曲线, 一般在其时间历程的 40%-60%之间有一个转折点。所以, 上述组合的共振峰过渡段的第三条共振峰曲线可用不同斜率的两段相连的直线来近似描述。表 2.6 给出本实验所涉及到的“V1”与“V2”的各种组合的共振峰过渡段的前三条共振峰曲线的直线近似斜率。由于本实验未看到“-”和“+”两个系列之间有着怎样的系统差别, 所以表 2.6 中的数据为“-”和“+”两个系列的综合结果。例如, 从表 2.6 可知, 当“V1”为/i/\、 “V2”为/a/时, 其共振峰过渡段的第一共振峰曲线的直线近似斜率为 4.7Hz/ms; 第二共振峰曲线的直线近似斜率为-8.6Hz/ms; 第三共振峰曲线的前面部分的直线近似斜率为-7.6Hz/ms, 其后面部分的直线近似斜率为-0.3Hz/ms。

表 2.6 共振峰过渡段前三条共振峰曲线的直线近似斜率(Hz/ms)

| | 前 音 节 元 音 | | | | | | |
|---|-----------|------|-------|-------------|------|-------|-----------|
| | /i/ | | | /y/ | | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | |
| | /a/ | 4.7 | -8.6 | -7.6, -0.3 | 3.9 | -7.3 | -2.0, 2.8 |
| 后 | /ou/ | 2.0 | -13.6 | -6.5, 5.8 | 1.9 | -11.3 | -3.8, 5.5 |
| 音 | /er/ | 4.4 | -9.9 | -10.3, -2.8 | 3.5 | -7.9 | -2.0, 0.7 |
| 节 | /e/ | 1.0 | -10.4 | -6.1, 3.5 | 1.2 | -11.9 | -2.9, 5.8 |
| 元 | /u/ | 0.1 | -17.5 | -8.4, 5.1 | 0.0 | -13.7 | 3.8, 5.3 |
| 音 | /i/ | 0.0 | 0.8 | 1.0 | -0.2 | 1.6 | 7.1 |
| | /y/ | -0.1 | -0.7 | -8.2 | 0.0 | 0.4 | -1.3 |

表 2.6 (续)

| | 后 音 节 元 音 | | | | | | |
|---|-----------|------|------|------------|------|------|-----------|
| | /i/ | | | /y/ | | | |
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | |
| 前 | /a/ | -5.2 | 8.2 | -4.8, -1.3 | -5.2 | 7.5 | -4.3, 5.2 |
| 音 | /uo/ | -2.6 | 14.6 | -7.1, 15.0 | -2.7 | 13.4 | -6.4, 3.7 |
| 节 | /er/ | -4.4 | 7.8 | -1.9, 17.2 | -3.8 | 6.4 | -1.1, 9.1 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------------|------|------|-----------|
| 元 /e/ | -3.1 | 13.9 | -6.2, 11.8 | -2.9 | 11.2 | -5.2, 7.3 |
| 音 /u/ | -0.5 | 19.9 | -0.1, 12.3 | -0.6 | 17.4 | -5.0, 1.6 |

3. 结论与讨论

本文通过对普通话朗读语句中词内的和词或短语间的相邻二音节“C1V1”和“V2”之间的共振峰过渡现象的观测与研究，看到：

(1) 在普通话朗读语句中，词内的相邻二音节“C1V1-V2”的共振峰曲线和大多数词或短语间的相邻二音节“C1V1+V2”的共振峰曲线（尤其是低次共振峰曲线），一般都是平滑连续的。不论“V1”与“V2”的发音部位是相近还是各异，在“V1”与“V2”之间都形成了一定的共振峰过渡段。这个共振峰过渡段的起点和终点的频率数值主要取决于元音“V1”和“V2”的组合。

研究表明，在流畅的朗读语句中，不仅词内相邻二音节结合得很紧密，而且大多数词或短语间的相邻二音节也结合得很紧密。所以，所谓词内相邻二音节之间的共振峰过渡段的各种参数与所谓词或短语间的相邻二音节之间的共振峰过渡段的各种参数之间，很难表现出有什么系统性的差别，而我们所能看到的，只是很不完整的差别迹象。如文中所述，有数的差别迹象，都可用前后二音节结合的紧密程度来解释。

(2) 在普通话朗读语句中，有的相邻二音节“C1V1”和“V2”的共振峰曲线似断若连。其表现为，只有频率很低的第一共振峰曲线是相连的。而高次共振峰曲线，虽然有相连的趋势，但由于能量很弱，以及这两个音节结合的并不紧密，所以实际上并未达到真正相连的水平。

上述现象，本文在“V2”的起始元音为/u/时见到过。无疑，当“V2”的起始元音为/i,y/时，也会出现类似现象。这是因为作为介音的/i,u,y/的高次共振峰的能量原本就低，在朗读语句中，如果念得松散、不流畅，难免不出现上述现象。

(3) 在普通话朗读语句中，有的相邻二音节“C1V1”和“V2”，因“V2”之前有喉塞，致使这两个音节的共振峰曲线不连接。此时，“V1”有明显的后过渡，而“V2”因被喉塞隔开，无前过渡。

上述现象，本文在“V2”的起始元音为/a/等时见到过。无疑，当“V2”为其它开口呼元音时，也会出现类似现象。本文注意到，随着朗读者对所朗读语句的熟悉和朗读流畅程度的提高，上述现象会大大减少，或可避免。

(4) 在普通话朗读语句中，有些词或短语间的相邻二音节“C1V1+V2”的共振峰曲线，往往因停顿而隔开。研究表明，当该停顿的时长达到或接近朗读语句中自然停顿时长的期望值时，“V1”与“V2”之间便不再出现共振峰过渡现象。

本文仅对普通话朗读语句中的自然停顿作了粗略的观测和研究。其目的是为了配合对“C1V1”和“V2”之间的共振峰过渡现象的观测和研究。本文在研究中看到，在流畅的朗读语句中，自然停顿总是出现在词或短语间的相邻二音节之间；而在词内相邻二音节之间只形成共振峰过渡段，不会出现停顿。

总之，本文通过对普通话朗读语句中“C1V1”和“V2”之间共振峰过渡现象的观测和研究，看到了四种现象。其中，(2)和(3)两种现象，在朗读语句中，当朗读熟练和流畅时，会大大减少，或可避免。而(1)和(4)两种现象是惯常存在的。就是说，在普通话朗读语句中，词内的相邻二音节“C1V1-V2”之间和大部分词或短语间的相邻二音节“C1V1+V2”之间，都由共振峰过渡段连接；小部分词或短语间的相邻二音节“C1V1+V2”之间，往往因停顿而断

开，当该停顿的时长达到或接近朗读语句中自然停顿时长的期望值时，该二音节之间便不再出现共振峰过渡现象。

参考文献

- 罗常培, 王均 (1957) 《普通语音学纲要》，北京：科学出版社。
- 许毅 (1986) 普通话音联的声学语音学特性，《中国语文》第5期。
- 吴宗济, 刘铭杰 (1991) 普通话零声母音节起始元音的声学特征研究，《语音研究报告》，中国社会科学院语言研究所。
- 颜景助 (1994-1995) 前音节为元音尾和后音节为零声母的普通话双音节的音节间共振峰过渡的研究，《语音研究报告》，中国社会科学院语言研究所。
- 林茂灿 (1996) 普通话两音节间 F_0 过渡及其感知，《中国社会科学》第2期。
- Trager, G.L. & B. Bloch (1941) The syllabic phonemes of English. *Language* 17: 223-246.

A study of the formant transitions between two neighboring syllables in read speech

Yan Jingzhu

This experiment explores the juncture of the spectrograms between the syllable with vocalic ending and the syllable with vocalic initial in the sentences of read speech of the Standard Chinese. The following results emerge from our observations and analyses. For the expediency of expression, “C1V1” stands for “the first syllable” and “V2” for “the second syllable”. (1) In general the formant transitions between two adjacent syllables such as “C1V1” and “V2” within a word is always formed, and the formant transitions between “C1V1” and “V2” between two words or phrases is often formed too. The frequency values at the starting point and the ending point of the formant transition is mainly dependent on the vowels “V1” and “V2”. The word-internal formant transitions between “C1V1” and “V2” are almost identical to the formant transitions between words. (2) In some cases where “V2” begins with a glide, the formant transition curve between “C1V1” and “V2” tends to be continuous. (3) In some cases where “V2” was an open vowel, the formant transition curve is discontinued due to the presence of glottal stop. (4) Sometimes the formant transition curves formed between words and phrases are broken due to the natural pausing in speech. When the duration of the pause approaches or reaches the expected value, there is no formant transition between “C1V1” and “V2”. Among the four phenomena above, (2) and (3) can be avoided in fluent reading; however, (1) and (4) are immanent.